AMANDA FERNANDES PEREIRA DA SILVA
(ORGANIZADORA)

INGENIERÍA:
INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN



Atena Editora
Ano 2022

AMANDA FERNANDES PEREIRA DA SILVA
(ORGANIZADORA)

INGENIERÍA:
INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN



Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora executiva
Natalia Oliveira
Assistente editorial
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Bruno Oliveira
Camila Alves de Cremo
Luiza Alves Batista
Imagens da capa
iStock
Edição de arte
Luiza Alves Batista

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA E ENGENHARIAS

Ingeniería: investigación, desarrollo e innovación

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Amanda Fernandes Pereira da Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

I46 Ingeniería: investigación, desarrollo e innovación / Organizador Amanda Fernandes Pereira da Silva. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-0862-8
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.628220712

1. Ingeniería. I. Silva, Amanda Fernandes Pereira da (Organizador). II. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A coleção “Ingeniería: Investigación, desarrollo e innovación” difunde as mais atuais pesquisas de inovação e desenvolvimento tecnológico na engenharia, se tornaram áreas fundamentais que alavancam o crescimento.

Por esse motivo, por meio dos artigos que compõem essa obra, há uma contribuição no desenvolvimento do conhecimento e gera impacto global em âmbitos acadêmicos, na indústria e na sociedade em geral, por meio da troca de conhecimento sob padrões de qualidade rigorosamente verificados.

A Atena Editora é tida como um dos meios mais reconhecidos de divulgação e difusão científica em engenharia no país no mundo. Desenvolvendo suas atividades com excelentes níveis de qualidade e proporcionando a seus autores, anunciantes e leitores um ambiente ideal como plataforma para o desenvolvimento e intercâmbio de conhecimento em ciência, tecnologia e inovação.

Boa leitura!

Amanda Fernandes Pereira da Silva

SUMÁRIO

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

UNA EXPERIENCIA EN INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR MEXICANA PARA EL SEGUIMIENTO DE PROYECTOS DE VINCULACIÓN Y TESIS DE POSGRADO DURANTE LA PANDEMIA DEL COVID-19

Data de submissão: 14/11/2022   *Data de aceite: 01/12/2022*

Alonso Perez-Soltero
Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial
Hermosillo – Sonora. México
https://orcid.org/0000-0002-3175-6703

RESUMEN: La pandemia del COVID-19 llevó a toda la sociedad a una nueva realidad, esto sucedió de igual manera en las instituciones de educación superior. La manera de hacer el seguimiento académico de los estudiantes del posgrado, en particular con sus proyectos de vinculación y de tesis también tuvo que cambiar. El objetivo de este trabajo es compartir la experiencia del Posgrado en Ingeniería Industrial de la Universidad de Sonora en México, para llevar a cabo el seguimiento de los proyectos de vinculación y de tesis de sus estudiantes con apoyo de las tecnologías de la información y la comunicación. Para llevar a cabo este seguimiento, se definió una estrategia que se dividió en dos sub-estrategias y para llevar a cabo su ejecución, se utilizaron diferentes herramientas tecnológicas como el teléfono convencional, correo electrónico, WhatsApp, OneDrive, Google Meet, Zoom, Microsoft TEAMS, Microsoft SharePoint, Microsoft Power Automate, entre otras. Como resultado, se pudo realizar el seguimiento académico de los proyectos de vinculación y de tesis de los estudiantes del posgrado de una manera adecuada, aunque no necesariamente la ideal. Entre las enseñanzas de esta experiencia, están lo fundamental que es el compromiso de los estudiantes, profesores, personal administrativo y coordinador del programa del posgrado, mientras que el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones fueron las herramientas clave que facilitaron cumplir con éxito la estrategia.

PALABRAS-CLAVE: Posgrado en Ingeniería Industrial, Seguimiento académico, Vinculación, Tesis de Posgrado, Tecnologías de la información.

AN EXPERIENCE IN A MEXICAN HIGHER EDUCATION INSTITUTION FOR THE MONITORING OF LINKING PROJECTS AND POSTGRADUATE THESES DURING THE COVID-19 PANDEMIC

ABSTRACT: The COVID-19 pandemic brought the entire society to a new reality, this happened in the same way in higher

education institutions. The way of doing the academic follow-up of postgraduate students, in particular with their connection projects and thesis, also had to change. The objective of this work is to share the experience of the Postgraduate in Industrial Engineering of the Universidad de Sonora in Mexico, to carry out the follow-up of the linking projects and thesis of its students with the support of information and communication technologies. To carry out this follow-up, a strategy was defined that was divided into two sub-strategies and to carry out its execution, different technological tools were used such as the conventional telephone, email, WhatsApp, OneDrive, Google Meet, Zoom, Microsoft TEAMS, Microsoft SharePoint, Microsoft Power Automate, among others. As a result, it was possible to carry out the academic follow-up of the linking projects and thesis of the postgraduate students in an adequate, although not ideal, way. Among the lessons learned from this experience, there is the fundamental commitment of students, teachers, administrative staff and coordinator of the postgraduate program, while the use of information and communication technologies were the key tools that facilitated compliance with strategy successful.
KEYWORDS: Postgraduate in Industrial Engineering, academic follow-up, Linkage, Postgraduate Thesis, Information Technologies.

1 I INTRODUCCIÓN

La pandemia del COVID-19 llevó a toda la sociedad a una nueva realidad, esto sucedió de igual manera en las instituciones de educación superior a nivel mundial. Es importante recordar que una de las funciones relevantes de las Universidades es la vinculación, es decir, tener un contacto con su entorno para poder incidir e impactar positivamente en ella. Esta vinculación también debe desarrollarse en los programas académicos de posgrado de las universidades. Desafortunadamente, como lo menciona (Molina Morales & González Fernández-Larrea, 2019) se ha observado que el posgrado en Latinoamérica presenta algunos nodos críticos como la desvinculación de la Universidad con el desarrollo social del país y de su área de influencia lo que contribuye a la débil presencia del papel del posgrado en las búsquedas de soluciones y en las estrategias de desarrollo.

Para complicar lo anterior, ahora con la pandemia por el COVID-19, esta situación se agravó, así que la manera de hacer el seguimiento académico de los estudiantes del posgrado, en particular con sus proyectos de vinculación y de tesis se dificultó enormemente, ya que ahora se restringieron las actividades donde implicaba que las personas interactuaran de manera física como tradicionalmente se hacía. Por otro lado, el seguimiento académico que hacían los directores de tesis a sus estudiantes durante el desarrollo de sus respectivas tesis, también se vieron afectados. Así que, la interacción de los estudiantes con las personas del sector productivo, directores de tesis, profesores, compañeros de clase, personal administrativo y demás personas involucradas en el posgrado, se vieron reducidas drásticamente para mantener un distanciamiento social y lograr contribuir a la disminución de la propagación del virus. Debido a lo anterior, se presentaba un nuevo reto a resolver, así que, la manera de llevar a cabo el seguimiento

académico y las actividades de vinculación con el entorno social tenían que cambiar.

El objetivo de este trabajo es compartir la experiencia del Posgrado en Ingeniería Industrial de la Universidad de Sonora en México, para llevar a cabo el seguimiento de los proyectos de vinculación y de tesis de sus estudiantes con apoyo de las tecnologías de la información y la comunicación.

El documento se estructura de la siguiente manera. Primero se tiene el marco de referencia donde se encuentran los fundamentos del trabajo. A continuación, se detalla el planteamiento de la estrategia impulsada por el posgrado y sus principales componentes. Posteriormente, se explican los resultados obtenidos y finalmente las conclusiones del trabajo.

2 l MARCO DE REFERENCIA

A pesar de las dificultades derivadas del COVID-19, diferentes instituciones han mostrado experiencias positivas con el uso de las tecnologías de la información y la comunicación para continuar con las actividades académicas. Está el caso del estudio realizado por (Omar et al., 2021) donde el nivel de compromiso, la facilidad de comunicación y la calidad de la experiencia de aprendizaje de los estudiantes de posgrado con el aprendizaje en línea se relacionaron significativamente con su rendimiento académico general. A continuación, se desarrollan los temas de instituciones de educación superior y los estudios de posgrado, proyectos de vinculación academia-industria, tesis de posgrado y seguimiento académico y tecnologías de la información y la comunicación.

2.1 Instituciones de educación superior y los estudios de posgrado

La educación superior forma parte integral de la evolución de la sociedad y es donde se presenta gran cantidad de innovaciones científicas y tecnológicas, además, se produce y reproduce el conocimiento. La educación superior abarca la formación de grado y posgrado, la investigación y la vinculación (Molina Morales & González Fernández-Larrea, 2019).

Las universidades siempre se han esforzado por desarrollar cualidades deseables en sus graduados (Hughes & Barrie, 2010), estas se pueden incrementar si estas cualidades tienen un mayor grado de especialización mediante el desarrollo de estudios de posgrado. Autores como (Balmaseda et al., 2010; Morles, 2005; Núñez, 2010) definen el posgrado como la formación y actualización que se adquiere posterior a los estudios profesionales y a lo largo de la vida. El título de posgrado fortalece las competencias del profesional ante las demandas laborales (Street & Galarza, 2017).

2.2 Proyectos de vinculación academia-industria

Las instituciones de educación superior y las empresas pueden obtener beneficios mutuos de la vinculación. Según (Camozzato et al., 2021) se consolida la cultura de la vinculación en la educación superior y el despertar de los posgrados para integrarse a la

sociedad a través de la vinculación. Por ejemplo, las universidades pueden estar al día de lo que sucede en su entorno y aportar nuevas herramientas y tecnologías para la solución de problemas, asimismo, las empresas pueden hacerse de nuevas prácticas innovadoras, por lo que es muy importante las actividades de investigación y buscar vincularse con la academia. Tanto los centros de investigación especializados, así como las Universidades, especialmente, los investigadores y estudiantes en programas de posgrado desarrollan y generan conocimiento de alto nivel. Es muy recomendable, según lo menciona (Lascaux, 2019), que esta relación sea de confianza mutua que puede derivarse por los vínculos previos positivos que se hayan tenido, la proximidad cognitiva y la compatibilidad cultural entre las empresas y las universidades.

2.3 Tesis de posgrado y seguimiento académico

La tesis de grado es una exigencia académica en muchas de las Instituciones de Educación Superior y un requisito para la acreditación de un grado en diversos países. Se define a la tesis de grado como el trabajo que garantiza que los egresados cuentan con los conocimientos y las competencias para ejercer la profesión e investigar (Stincer Gómez & Blum Grynberg, 2017).

Definitivamente, uno de los retos más importantes es el seguimiento académico al estudiante durante el desarrollo de su tesis, ya que, si no se cuida, puede generar que no concluya en tiempo y forma su proyecto de investigación. Hay diversos aspectos que pueden afectar. Menciona (Stincer Gómez & Blum Grynberg, 2017) que pueden presentarse situaciones como una escasa comunicación con los asesores y dificultades de los estudiantes para la escritura. Desde el punto de vista institucional, puede haber situaciones como una inadecuada planeación del proceso, la asignación de tutores es arbitraria, desvinculación entre los seminarios de investigación y los trabajos de los estudiantes y, por último, son inexistentes o insuficientes los foros en los que el estudiante tiene la oportunidad de exponer sus ideas y trabajos frente a un auditorio.

Entre las estrategias para hacer que este seguimiento académico sea eficaz, está el acompañamiento constante al estudiante por parte de su director o asesor de tesis. También, como lo menciona (Nordentoft et al., 2013) es una buena práctica que este seguimiento académico se haga de manera colectiva, es decir, que varios profesores apoyen al estudiante. En este caso, pueden intervenir el director de tesis, el profesor de seminario y los integrantes del jurado que se la asigna al estudiante para revisarle su tesis.

2.4 Tecnologías de la información y la comunicación

Las organizaciones implementan diversos mecanismos, métodos, procedimientos o procesos para compartir el conocimiento (Chai et al., 2003). Uno de esos mecanismos es el uso de las tecnologías de la información y comunicación que han permitido incrementar el número de canales para compartir el conocimiento entre las personas (Krok, 2011). En

general, se entiende que el término "tecnología de la información y la comunicación" abarca una gran cantidad de diferentes herramientas automatizadas que se combinan sobre la base de la interacción con la información, es decir, su creación, procesamiento, almacenamiento y transmisión (Golovina et al., 2020).

La nube, como parte de las tecnologías de la información y la comunicación más actuales, se define como una estructura que proporciona el acceso a recursos informáticos que se pueden configurar y almacenar en internet, con una baja dificultad para la gestión o la interacción de los servicios a una mayor velocidad (López Inga & Guerrero Huaranga, 2018). La computación en la nube es un término que tiene lugar en cualquier ámbito, ya sea educativo, empresarial, político, económico, porque es flexible y escalable para satisfacer cualquier necesidad y para el almacenamiento, envío y recepción de información, comunicación, entre otros (Camargo-Perez et al., 2019).

Sin lugar a duda, con apoyo de las tecnologías de la información y la comunicación, en la modalidad de educación a distancia, se promueve la interacción entre estudiantes, docentes y la comunidad externa a nivel nacional e internacional (Beyrouti, 2017; Camozzato et al., 2021).

3 | DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA

Lograr un seguimiento adecuado de los proyectos de vinculación y el desarrollo de la tesis de los estudiantes del programa de posgrado bajo un ambiente difícil como la pandemia por el COVID-19, obligó al Posgrado en Ingeniería Industrial a definir una estrategia para lograrlo. A continuación, se explica la estrategia general, sus principales componentes y cómo se implementaron durante el periodo de contingencia.

3.1 Estrategia general

La estrategia general se dividió en dos grandes sub-estrategias que fueron: la estrategia para el seguimiento de proyectos de vinculación y la estrategia para el seguimiento del desarrollo de la tesis. En la figura 1 se muestra de manera visual los elementos que forman parte de la estrategia.



Figura 1: Estrategia para el seguimiento de proyectos de vinculación y tesis

La estrategia para el seguimiento de proyectos de vinculación y tesis del posgrado se explica a continuación, así como la manera en que fue implementada.

Estrategia para el seguimiento de proyectos de vinculación. La primera parte de la estrategia tiene dos componentes: 1) SEGUIMIENTO DE PROYECTO DENTRO DE LA EMPRESA. Consiste en la estrategia que tuvo que llevarse a cabo para poder avanzar y cumplir con el proyecto que tenía que desarrollarse dentro de la empresa. En este componente se ven involucrados el estudiante y el asesor en la empresa. Las *estrategias del posgrado* para llevar a la práctica este componente fue plantearle al estudiante que acordara con el asesor en la organización para que establecieran reuniones de manera virtual, en caso que por políticas de la empresa y/o situaciones para el cuidado de la salud de los involucrados, no se pudiera asistir físicamente a la empresa. Dependiendo de la naturaleza del proyecto, el contacto virtual también se podría llevar a cabo con el personal de la empresa que estuviera participando en el proyecto de vinculación, ya sea para conocer detalles del proyecto o reuniones de trabajo para definir las estrategias de la implementación o llevar a cabo el seguimiento de las acciones de mejora. Para operar este componente, se tuvo que recurrir a *tecnologías de información de apoyo*, que, en este caso, fueron principalmente teléfono convencional, WhatsApp, Microsoft TEAMS, Google Meet, Zoom, entre otras, para que los estudiantes se contactaran con las personas involucradas de las empresas. 2) SEGUIMIENTO AL ESTUDIANTE. Consiste en la estrategia que tuvo que llevarse a cabo para dar seguimiento en el cumplimento de los compromisos académicos durante el desarrollo del proyecto de vinculación. En este componente se ven involucrados el estudiante y el director de la tesis. La estrategia del posgrado para que se

llevara a la práctica este componente, fue tener sesiones virtuales de seguimiento semanal entre el estudiante y el director de tesis para el estudiante reportara a su director los avances del proyecto y a su vez, éste recibiera retroalimentación y/o sugerencias por parte de su director de tesis. Para operar este componente, se tuvo que recurrir a *tecnologías de información de apoyo*, que, en este caso, fueron principalmente teléfono convencional, WhatsApp, Microsoft TEAMS, Google Meet, Zoom, entre otras, para que los estudiantes se contactaran con sus respectivos directores de tesis.

Estrategia para el seguimiento del desarrollo de la tesis. La segunda parte de la estrategia tiene dos componentes: 1) SEGUIMIENTO ACADÉMICO. Consiste en la estrategia que tuvo que llevarse a cabo para dar seguimiento en el cumplimento de los compromisos académicos durante el desarrollo de la tesis. En este componente se ven involucrados el estudiante, el coordinador del posgrado y el profesor de seminario. La estrategia del posgrado para que se llevara a la práctica este componente, fue tener sesiones virtuales de seguimiento cada tres semanas entre el estudiante, el coordinador del posgrado y el profesor de seminario para el estudiante reportara los avances del documento de tesis y a su vez, éste recibiera retroalimentación y/o sugerencias del coordinador del posgrado y el profesor de seminario. Dentro de esta estrategia, se programaban reuniones virtuales donde también asistían los demás estudiantes del posgrado que estaban desarrollando sus tesis para que escucharan los comentarios que se hacían y que tal vez a ellos también les podía aplicar con relación al documento de la tesis. Aspectos específicos como verificar que cumplieran con los lineamientos de la redacción del documento, ortografía, formato, estructura, entre otros. Para operar este componente, se tuvo que recurrir a *tecnologías de información de apoyo*, que, en este caso, fueron principalmente teléfono convencional, WhatsApp, Microsoft TEAMS, Google Meet, Zoom, entre otras, para que los estudiantes estuvieran en contacto con el coordinador del posgrado y el profesor de seminario. 2) SEGUIMIENTO ADMINISTRATIVO. Consiste en la estrategia que tuvo que llevarse a cabo para poder llevar a cabo los trámites administrativos una vez que la tesis se concluyera y se programara la fecha de su defensa. En este componente se ven involucrados el estudiante, el coordinador del posgrado y la asistente de la coordinación. Las *estrategias del posgrado* para llevar a la práctica este componente fue la automatización de procesos administrativos. Para esto, se tuvieron que analizar los procesos administrativos que llevaban a cabo el coordinador y su asistente para saber cuáles eran factibles de automatizarse. Después de realizarse este análisis, se decidieron automatizar varios de ellos, como por ejemplo, la generación automática de oficios de asignación de los integrantes del jurado; el envío de alertas mediante correos electrónicos a los integrantes del jurado que revisarían las tesis de los estudiantes, el envío de alertas mediante correos electrónicos a los estudiantes para la entrega de documentos, la generación automática de las actas de examen de grado provisionales y que a su vez notificaran a los integrantes del jurado para que realizaran la firma electrónica, entre otros. Para operar este componente, se tuvo que recurrir a

tecnologías de información de apoyo, que, en este caso, fueron principalmente Microsoft SharePoint, Microsoft PowerAutomate, OneDrive y el uso del correo electrónico, para contactar, enviar documentos y enviar alertas o recordatorios a las personas involucradas en el seguimiento administrativo.

3.2 Resultados

Como resultado, se pudo realizar el seguimiento académico de los proyectos de vinculación y de tesis de los estudiantes del posgrado de una manera adecuada, aunque no necesariamente la ideal. En particular, el desarrollo de los proyectos de vinculación fue muy complicado, ya que la información era proporcionada mediante documentos electrónicos y la comunicación se llevaba a cabo mediante reuniones virtuales. Además, las prioridades de las organizaciones tuvieron que cambiar para dar más atención a sus operaciones y dejando a un segundo término el proyecto de vinculación. A pesar de lo anterior, también se lograron cosas positivas, ya que se ha considerado continuar con algunas de estas prácticas como el uso de documentos electrónicos para los trámites administrativos requeridos para realizar la defensa de tesis y gestionados mediante Microsoft SharePoint y la automatización de estos procesos mediante Microsoft Power Automate.

4 | CONCLUSIONES

Las dificultades derivadas de la pandemia del COVID-19 para llevar a cabo el seguimiento a los proyectos de vinculación y el seguimiento del desarrollo de las tesis, obligó al posgrado en Ingeniería Industrial de la Universidad de Sonora a reinventarse para apoyar a los estudiantes a concluir su proceso formativo en tiempo y forma. Para ello, se desarrolló una estrategia que se dividió en dos sub-estrategias: la estrategia para el seguimiento de proyectos de vinculación y la estrategia para el seguimiento del desarrollo de la tesis. La primera tenía como objetivo que el estudiante avanzara y cumpliera con el proyecto que tenía que desarrollar dentro de la empresa; la segunda, tenía como objetivo que el estudiante cumpliera con los compromisos académicos durante el desarrollo de la tesis. Como parte de estas sub-estrategias, el compromiso de los estudiantes, profesores, personal administrativo y coordinador del programa del posgrado fueron cruciales, además, el uso de las tecnologías de la información y la comunicación fueron las herramientas clave que facilitaron alcanzar el éxito de la estrategia.

REFERENCIAS

Balmaseda, O., Polaino, C., & Castro, J. (2010). *Hacia una gestión eficiente del postgrado*. Editorial Universitaria.

Beyrouti, N. (2017). Digital Technology Management and Educational Innovation: The Marketability and Employability of the Higher Education Degrees. *Journal of Developing Areas*, *51*(1), 391-400. https://doi.org/10.1353/jda.2017.0022

Camargo-Perez, J. A., Puentes-Velasquez, A. M., & Sanchez-Perilla, A. L. (2019). Integration of big data in small and medium organizations: Business intelligence and cloud computing. *Journal of Physics: Conference Series*, *1388*(1), 012029. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1388/1/012029

Camozzato, T. S. C., Grams, N., Penna Soares, F. A., Coelho de Melo, J. A., Cardoso, I. A., & da Silva, M. J. (2021). Educação continuada em serviços de medicina nuclear: Capacitação da equipe multidisciplinar em tempos de COVID-19. *Revista Brasileira de Extensão Universitária*, *12*(3), 349-362. https://doi.org/10.36661/2358-0399.2021v12i3.12411

Chai, K.-H., Gregory, M., & Shi, Y. (2003). *Bridging islands of knowledge: A framework of knowledge sharing mechanisms*.

Golovina, T. A., Avdeeva, I. L., & Parakhina, L. V. (2020). Prospects for the Development of Information Technologies in the Modern Management System. *Central Russian Journal of Social Sciences*, *15*(1), 242-254. https://doi.org/10.22394/2071-2367-2020-15-1-242-254

Hughes, C., & Barrie, S. (2010). Influences on the assessment of graduate attributes in higher education. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, *35*(3), 325-334. https://doi.org/10.1080/02602930903221485

Krok, E. W. A. (2011). Empirical Studies on the Influence of Information Technology on Knowledge Sharing. *Studia i Materialy Polskiego Stowarzyszenia Zarzadzania Wiedza / Studies & Proceedings Polish Association for Knowledge Management*, *42*, 71-88.

Lascaux, A. (2019). Absorptive Capacity, Research Output Sharing, and Research Output Capture in University-Industry Partnerships. *Scandinavian Journal of Management*, *35*(3), 101045. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scaman.2019.03.001

López Inga, M. E., & Guerrero Huaranga, R. M. (2018). Cloud Business Intelligence and Analytics Model for smes in the Retail Sector in Peru. *Ingeniería Solidaria*, *14*(24), 1-17. https://doi.org/10.16925/in.v14i24.2157

Molina Morales, E., & González Fernández-Larrea, M. (2019). Analíticas en la Calidad de la Gestión del Postgrado. *Revista Didasc@lia: Didáctica y Educación*, *10*(1), 9-24.

Morles, V. (2005). Educación de Postgrado o Educación Avanzada en Venezuela: ¿Para qué? *Investigación y Postgrado*, 35-61.

Nordentoft, H., Thomsen, R., & Wichmann-Hansen, G. (2013). Collective academic supervision: a model for participation and learning in higher education. *Higher Education (00181560)*, *65*(5), 581-593. https://doi.org/10.1007/s10734-012-9564-x

Núñez, J. (2010). *Conocimiento académico y sociedad. Ensayos sobre política universitaria de investigación y postgrado*.

Omar, H. A., Ali, E. M., & Belbase, S. (2021). Graduate Students' Experience and Academic Achievements with Online Learning during COVID-19 Pandemic. *Sustainability (2071-1050)*, *13*(23), 13055. https://doi.org/10.3390/su132313055

Stincer Gómez, D., & Blum Grynberg, B. (2017). El modelo argumentativo de Toulmin y la eficacia de titulación. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, *19*(4), 9-19. https://doi.org/10.24320/redie.2017.19.4.1331

Street, L., & Galarza, J. (2017). Postgrado socialmente responsable: una necesidad para el desarrollo de la universidad cubana actual. *Revista Estrategia y Gestión Universitaria*, 154-168.

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES Y APLICACIONES DEL HORMIGÓN TRANSLÚCIDO

Data de submissão: 28/11/2022 *Data de aceite: 01/12/2022*

Crisnam Kariny da Silva Veloso
Engenheira Civil
Teresina – Piauí
http://lattes.cnpq.br/3377864410594838

Amanda Fernandes Pereira da Silva
Engenheira Civil
Teresina – Piauí
http://lattes.cnpq.br/6687283757018503

RESUMEN: A lo largo de la historia humana, el ser humano se ha dado cuenta de la necesidad de mejorar el entorno en el que vive, es decir, siempre ha buscado desarrollar nuevos conocimientos y tecnologías para mediar en su existencia. Como resultado, este artículo aborda un tema relevante en cuanto a aspectos de sustentabilidad y eficiencia en la ingeniería de materiales. El concreto como lo conocemos hoy en día es un material sólido y rígido, mientras que el concreto translúcido trae una idea diferente, deja las piezas de concreto transparentes al punto que la luz es capaz de atravesarlo debido al uso de fibra óptica. Si bien es muy popular para acabados y detalles arquitectónicos, el concreto translúcido se puede introducir en el contexto estructural, aumentando el rango de posibles aplicaciones de este innovador material. El presente trabajo analizará las características de este material, su composición, propiedades y aplicaciones con el objetivo de difundir conocimientos y servir de base para futuras investigaciones.

PALABRAS CLAVE: Hormigón, Fibra óptica, Hormigón translúcido, Iluminación.

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES E APLICAÇÕES DO CONCRETO TRANSLÚCIDO

RESUMO: Ao longo da história da humanidade os seres humanos perceberam a necessidade de melhorar o meio em que vivem, ou seja, sempre buscaram desenvolver novos conhecimentos e tecnologias para mediar sua existência. Em decorrência disso, aborda-se nesse artigo uma temática relevante quanto aos aspectos da sustentabilidade e da eficiência na engenharia de materiais. O concreto como conhecemos hoje é um material sólido e rígido, já o concreto translúcido traz uma ideia distinta, ele deixa as peças de concreto transparente a ponto de a luz ser capaz de atravessá-lo devido a utilização de fibra óptica. Mesmo sendo muito visado para acabamentos e detalhes arquitetônicos, o

concreto translúcido pode ser introduzido no contexto estrutural, aumentando o leque de possíveis aplicações desse material inovador. O presente trabalho analisará as características deste material, sua composição, propriedades e aplicações com objetivo de disseminar o conhecimento e servir de base para pesquisas futuras.
PALAVRAS-CHAVE: Concreto, Fibra óptica, Concreto translúcido, Iluminação.

ANALYSIS OF THE PROPERTIES AND APPLICATIONS OF TRANSLUCENT CONCRETE

ABSTRACT: Throughout human history, human beings have realized the need to improve the environment in which they live, that is, they have always sought to develop new knowledge and technologies to mediate their existence. As a result, this article addresses a relevant topic regarding aspects of sustainability and efficiency in materials engineering. Concrete as we know it today is a solid and rigid material, while translucent concrete brings a different idea, it leaves the concrete pieces transparent to the point that light is able to pass through it due to the use of fiber optics. Even though it is very popular for finishes and architectural details, translucent concrete can be introduced in the structural context, increasing the range of possible applications of this innovative material. The present work will analyze the characteristics of this material, its composition, properties and applications with the objective of disseminating knowledge and serving as a basis for future research.
KEYWORDS: Concrete, Optical fiber, Translucent concrete, Lighting.

1 I INTRODUCCIÓN

El hormigón es el producto más consumido en el mundo después del agua potable. En el pasado, el hormigón estaba compuesto únicamente por árido grueso, árido fino, cemento y agua. Hoy en día, debido al avance tecnológico y a las necesidades humanas de superar obstáculos, mejorar y crear nuevos conocimientos, el hormigón se ha perfeccionado para satisfacer las necesidades humanas y una gran demanda de nuevas tecnologías, compuestas adicionalmente por aditivos y nuevas incorporaciones de materiales (METHA; MONTEIRO, 2014).

El sector de la construcción es responsable de más del 30% del uso de energía final global y del 28% de las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con la energía, por lo que es de gran importancia mejorar la eficiencia energética de los edificios y lograr la neutralidad de carbono. Muchos países han tomado medidas activas al establecer objetivos claros y formular planes detallados sobre este tema. Una medida importante es aprovechar las energías renovables, entre las cuales la energía solar es uno de los candidatos más prometedores que se pueden explorar para contribuir a este objetivo (LUO *et al.*, 2022).

Entre estas novedades, se encuentra la falta de luminosidad que nos aportan las estructuras de hormigón. Debido a que no permite por sí sola la iluminación natural del ambiente, es necesaria la iluminación artificial. Una forma de proporcionar una mejora

sostenible para esta situación es implementar la tecnología de hormigón translúcido, que permite el paso de la luz a través de la estructura y proporciona iluminación natural al ambiente interno (HUANG; LU, 2020).

Según la investigación de Poornima *et al*. (2019) la resistencia a tracción y compresión del hormigón translúcido mostró prácticamente los mismos valores que el hormigón convencional, a pesar de la introducción de fibra óptica en su estructura. Hoy, sin embargo, se considera solo como un material de sellado de paredes, donde se utiliza solo para decoración, sin fines estructurales (PAIVA; DINIZ, 2017).

2 | HORMIGÓN

En definitiva, el hormigón es una piedra artificial que moldea el ingenio constructivo del hombre, donde logró desarrollar un material que después de ser endurecido presenta una resistencia similar a las rocas naturales y es una mezcla plástica en estado fresco que permite modelarlo. en una variedad de formas y tamaños (FUSCO, 2008).

El hormigón es básicamente el resultado de mezclar cemento, agua, arena y grava. En una mezcla de hormigón, el cemento Portland genera una pasta más o menos fluida junto con el agua, según el porcentaje de agua añadida. Esta pasta agrega partículas de agregados de diferentes tamaños para crear un material que se encuentra en un estado en el que se puede moldear en varias formas geométricas en las primeras horas. Con el tiempo, la mezcla se endurece debido a la reacción irreversible del agua con el cemento y adquiere resistencia mecánica, lo que la convierte en un material con buen desempeño estructural en diferentes ambientes de exposición (RÊGO *et al*., 2022).

La preparación del hormigón consiste en una serie de operaciones realizadas con el objetivo de obtener, a partir de un determinado número de componentes previamente conocidos, un producto endurecido con unas propiedades concretas descritas detalladamente en el proyecto. Las propiedades del hormigón varían según los materiales y sus proporciones que afectan tanto al hormigón fresco como al endurecido (RECENA, 2017).

Además del ligante y los áridos, para obtener buenos resultados, la aplicación del hormigón depende considerablemente de aditivos y adiciones. Las adiciones se utilizan para agregar o incluso reemplazar, en parte, la materia prima cemento, mientras que los aditivos se aplican para modificar las propiedades del cemento, sin cambiar su proporción en la composición del hormigón (BEZERRA, 2014).

3 | FIBRA OPTICA

Una fibra óptica consiste en un filamento transparente a través del cual viaja un haz de luz de un extremo al otro y puede estar hecha de vidrio o materiales poliméricos. Los filamentos varían en diámetro y estructura milimétrica y pueden ser más delgados que

un cabello humano. Entre las más utilizadas se encuentra la fibra óptica de vidrio porque absorbe menos ondas electromagnéticas (RESTREPO, 2013).

La composición básica de una fibra óptica es un material dieléctrico con estructura cilíndrica compuesta por una región central, que llamamos núcleo, que es por donde se propaga la luz, alrededor del núcleo se encuentra la coraza, un material con menor índice de refracción y alrededor la cáscara hay una cubierta hecha de material plástico para proteger el interior contra la intemperie y daños mecánicos. Los tamaños varían según el tipo de fibra, desde 8 micrómetros hasta 200 micrómetros, con envolturas que van desde 125 micrómetros hasta 240 micrómetros (CAMPOS, 2002).

Su funcionamiento se produce por la propagación de la luz, que se desplaza de un extremo a otro de la fibra, reflejándose múltiples veces en las paredes de la interfaz que devuelven el haz al núcleo. Debido a su tamaño muy pequeño, cuando los filamentos se agregan a la mezcla utilizada para hacer concreto, se vuelven parte integral del material, actuando como agregados en el compuesto, dando como resultado nuevas estructuras uniformes con propiedades únicas (URIBE, 2010).

Las fibras ópticas se utilizan en sensores los sistemas de instrumentación en aplicaciones industriales, médicas, automotrices e incluso militares. La idea de utilizar fibra óptica en este tipo de ambientes aprovecha su pequeño tamaño y resistencia a ambientes hostiles (ZHOU *et al*., 2009).

4 | HORMIGÓN TRANSLÚCIDO

El concreto ha cambiado significativamente desde la década de 1960, no solo técnicamente sino también estéticamente. No es solo lo pesado, frío y gris que solía ser, es más bonito, más vivo, más adaptable, más fuerte y más ligero. La última innovación en este campo es un material conocido como hormigón translúcido, y aunque se mencionó por primera vez en 1935, no se desarrolló hasta el siglo XXI (GAWATRE; GIRI; BANDE, 2016).

Creado en 2001, el concreto translúcido fue desarrollado y patentado por el arquitecto húngaro Aron Losonczi, quien agregó fibras ópticas a la matriz cementosa sin comprometer las propiedades de resistencia a la compresión del concreto estructural. Las fibras ópticas son filamentos de vidrio, que también pueden estar hechos de materiales poliméricos y tienen una alta capacidad de transmisión de luz. Las fibras ópticas se disponen en bloque, paralelas y con las puntas expuestas en superficies aparentes (Figura 1), a través de las cuales se producirá la transmisión de luz, provocando iluminación natural y ahorro energético (CHIEW *et al*., 2021).

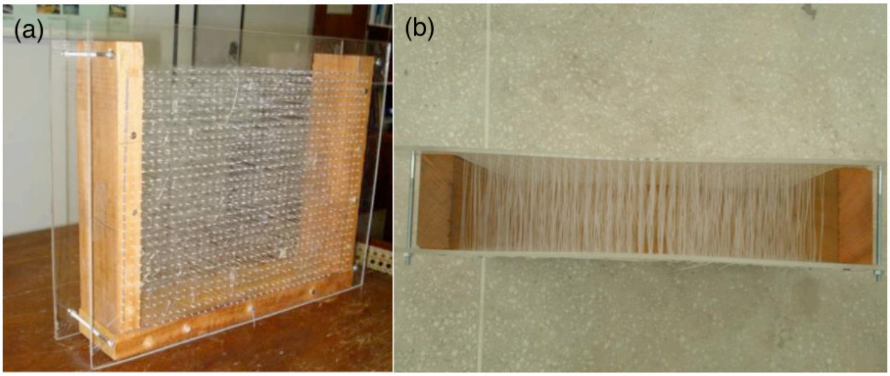


Figura 1 – Hormigón translúcido: (a) formas para su fabricación y (b) disposición de fibras.

Fuente: Coelho, 2010.

El hormigón translúcido tiene el potencial de introducir luz natural en el interior de un edificio con un mejor rendimiento térmico. Está hecho de hormigón convencional incrustado con materiales transmisores de luz que incluyen fibra óptica, vidrio, resina, etc. El tipo de hormigón translúcido basado en fibra óptica puede transmitir eficientemente la luz del día desde el exterior hacia el interior a través de la fibra a través de la reflexión interna total. Más importante aún, tiene una transmitancia sensible al clima que puede alcanzar pasivamente un valor relativamente alto en invierno, pero un valor bajo en verano, de acuerdo con las demandas estacionales de la ganancia de calor solar. Por lo tanto, el concreto translúcido promete lograr un mayor potencial de ahorro de energía al equilibrar el consumo de energía de iluminación, calefacción y refrigeración (SALIH; JONI; MOHAMED, 2014).

Este es un concreto que reduce la necesidad de iluminación artificial, ya que permite que la luz natural se transmita al interior del edificio, no solo para conservar la energía eléctrica, sino también para reducir las emisiones de carbono de la generación de energía eléctrica y mejorar el ambiente interior. como la obtención de confort visual, como se muestra en la Figura 2 (SU *et al.*, 2022).



Figura 2 – Hormigón transmisor de luz.

Fuente: Higuti, 2012.

Vale la pena enfatizar que las ventajas del concreto translúcido superan significativamente sus desventajas, que sin duda son objeto de una búsqueda de tecnologías adecuadas para las soluciones requeridas. El hormigón translúcido promete así una revolución gracias a sus propiedades físicas y químicas, además de su principal característica de permitir el paso de la luz, permitiendo su uso en espacios internos y externos con métodos constructivos innovadores (RESTREPO, 2013).

Aún de acuerdo con Restrepo (2013), las investigaciones muestran que el concreto translúcido tiene ventajas en comparación con el concreto convencional, a saber:

- La capacidad de transmitir luz de un extremo al otro en diferentes condiciones;
- Permite el paso de luz suave y tenue, aprovechando mejor la luz solar;
- El hormigón translúcido es más maleable e impermeable debido a la presencia de fibras ópticas;
- Posible reducción de la iluminación artificial, que permite reducir el consumo de energía;
- Disminución de la permeabilidad, y un peso por volumen de hasta un 30% menos que el hormigón convencional.

Como desventajas, el autor cita los siguientes aspectos:

- Más caro que el hormigón convencional, su precio ronda los R$ 2.600 por m²;

- Se considera solo un producto de sellado de albañilería, ya que no está reconocido por las normas técnicas vigentes, es decir, no puede recibir cargas, su uso está restringido a la decoración a pesar de sus ventajas;
- Requiere mano de obra especializada, lo que encarece el producto en el mercado.

El hormigón traslúcido puede tener una aplicación directa en las cárceles, donde se requiere una alta resistencia a partir del uso de gruesos muros de hormigón y la introducción de luz a través de fibra óptica, que dirige la luz natural hacia el interior de la celda del recluso y del entorno penitenciario, proporcionando seguridad y bienestar (AZAMBUJA; SILVA, 2015).

De acuerdo con Paiva y Diniz (2017), el concreto translúcido se aplica más para sellar mampostería, se usa para cerrar juntas o delimitar superficies, también es un material que puede usarse como material de construcción estructural, cumpliendo con los requisitos normativos de resistencia. Además, el concreto translúcido se usa en varias aplicaciones, como la construcción de badenes para ayudar a señalizar a los conductores en Suecia, bancos en plazas con bloques translúcidos, lámparas, en las paredes de museos y universidades en Hungría. En Brasil, el único lugar mencionado en la construcción de bloques translúcidos fue utilizado en una prisión ubicada en Canoas/RS. En resumen, esta tecnología hace posible diseñar y construir una amplia variedad de estructuras, desde muros de vallas hasta superficies iluminadas indirectamente.

5 I CONCLUSIÓN

Actualmente, la sociedad está cada vez más atenta, buscando formas de preservar todo lo que la rodea, y no es diferente en la construcción civil, se realizan diversas investigaciones con el fin de descubrir nuevas incorporaciones y crear materiales que le sean beneficiosos. Un ejemplo de este avance en la mejora de las propiedades del hormigón fue el desarrollo del hormigón traslúcido, material que aportó a la construcción civil la capacidad de transmitir la luz natural al ambiente interior.

Se puede afirmar que la incorporación de fibras ópticas al hormigón tradicional es una opción viable, ya que estudios han demostrado la posibilidad de transmitir la luz manteniendo las propiedades del material, pudiendo ser utilizadas de esta forma dependiendo de la estructura e iluminación de los lugares. con alta incidencia de radiación solar durante la mayor parte del año. Sin embargo, aún es necesario realizar estudios en busca de alternativas que reduzcan su costo.

REFERENCIAS

AZAMBUJA, M. A.; SILVA, L. C. Concreto translúcido na arquitetura carcerária. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 3, n. 20, p. 18-33, 2015.

BEZERRA, A. J. V. **Concretos com substituição parcial do agregado natural por resíduos de EVA** – Influência em propriedades físicas, mecânicas, microestruturais e de durabilidade. 2014. 269 f. Tese (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

CAMPOS, A. L. G. **Fibras ópticas:** uma realidade reconhecida e aprovada. Boletim bimestral sobre tecnologia de redes produzido e publicado pela RNP – Rede Nacional de Ensino e Pesquisa, v. 6, n. 2, 2002.

CHIEW, S. M.; IBRAHIM, I. S.; ARIFFIN, M. A. M.; LEE, H.; SINGH, J. K. Development and properties of light-transmitting concrete (LTC) –A review. **J. Clean. Prod.**, v. 284, 2021.

COELHO, F. C. A. Desenvolvimento e aplicação do Concreto Translúcido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 52., 2010, Fortaleza, Ceará. **Anais...** Fortaleza: 2010. IBRACON, p. 30-45.

FUSCO, P. B. **Tecnologia do Concreto Estrutural**. São Paulo: PINI, 2008.

GAWATRE, D. W.; GIRI, S. D.; BANDE, B. B. Transparent concrete as an eco-friendly material for Building. **Int. J. Eng. Sci. Invent.**, v. 5, n. 3, p. 55-62, 2016.

HIGUTI, A. Concreto Translúcido, **Litracon**, 2012. Disponível em: http://arktetonix.com.br/2012/03/concreto-translucido-litracon/. Acesso em 25 nov. 2022.

HUANG, B.; LU, W. Experimental investigation of the multi-physical properties of an energy efficient translucent concrete panel for a building envelope. **Appl. Sci.**, v. 10, n. 19, 2020.

LUO, Y.; CHENG, N.; ZHANG, S.; TIAN, Z.; XU, G.; YANG, X.; FAN, J. Comprehensive energy, economic, environmental assessment of a building integrated photovoltaic-thermoelectric system with battery storage for net zero energy building. **Build. Simul.**, v. 15, n. 11, p. 1923-1941, 2022.

METHA, P. K.; MONTEIRO, P. J. **Concreto:** Microestrutura, Propriedades e Materiais. 2. ed. IBRACON, 2014.

PAIVA, S. M. M.; DINIZ, M. J. Concreto translúcido – Luz natural para ambientes fechados. **Reec – Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 13, n. 2, p. 228-232, 2017.

POORNIMA, D.; SHAILAJA, T.; POOJA, H. P.; SANTOSH, G.; SACHIDANANDA, B.; RASHMI, M. P. An experimental study on light transmitting concrete. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), **Mandya**, v. 6, n. 5, p. 7207-7212, 2019.

RECENA, F. A. P. **Dosagem e controle da qualidade de concretos convencionais de cimento Portland**. 4. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2017.

RÊGO, L. R. R. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, C. J.; SILVA, G. M.; RODRIGUES, E. N. M.; BEZERRA, M. R. C. S.; VIVEIROS, D. C. S.; BRITO, D. R. N. Análise comparativa das propriedades mecânicas e físicas do concreto com adição de polímeros – revisão bibliográfica. **Recima21**, v. 3, n. 8, p. 1-27, 2022.

RESTREPO, L. M. C. **Concreto translúcido:** estudo experimental sobre a fabricação de painéis de concreto com fibra ótica e as suas aplicações na arquitetura. 2013. 134 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, UnB, Brasília, 2013.

SALIH, S. A.; JONI, H. H.; MOHAMED, S. A. Effect of plastic optical fiber on some properties of translucent concrete. **Eng. Technol. J.**, v. 32, n. 12, p. 2846-2861, 2014.

SU, X.; ZHANG, L.; LIU, Z.; LUO, Y.; LIANG, P. LIAN, J. An optical and thermal analysis of translucent concrete considering its dynamic transmittance. **J. Cleaner Prod.**, v. 364, 2022.

URIBE, L. J. M. **Desenvolvimento e avaliação de argamassa translúcida com fibra ótica polimérica**. 2010. 174 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

ZHOU, Z.; OU, G.; HANG, Y.; CHEN, G.; OU, J. Research and development of plastic optical fiber based smart transparent concrete. **Proc. of SPIE**, v. 7293, p. 1-6, 2009.

CHEMICAL AND MICROSTRUCTURAL ANALYSIS OF TAILINGS AND WASTE ROCK FROM A PHOSPHATE MINING

Data de submissão: 07/11/2022 *Data de aceite: 01/12/2022*

Gabriel Gomes Silva
Universidade Federal de Catalão – UFCAT, Faculdade de Engenharia. Catalão/GO
http://lattes.cnpq.br/2266252601158828

Henrique Senna Diniz Pinto
Universidade Federal de Catalão – UFCAT, Faculdade de Engenharia. Catalão/GO
http://lattes.cnpq.br/8639552495946087

Marcos Vinicius Agapito Mendes
Universidade Federal de Catalão – UFCAT, Faculdade de Engenharia. Catalão/GO
http://lattes.cnpq.br/5517018260745401

Paulo Elias Carneiro Pereira
Universidade Federal de Catalão – UFCAT, Faculdade de Engenharia. Catalão/GO
http://lattes.cnpq.br/6393384572796011

Rafael Cerqueira Silva
Universidade de Brasília – UnB, Faculdade de Tecnologia – FT
http://lattes.cnpq.br/7644774454862879

ABSTRACT: Due to the complexity of the behavior of the tailings and waste rock disposal structures of mining and also to the recurrent accidents of rupture of tailings dams, the importance of using disposal techniques that guarantee greater safety, such as the co-disposal technique, which aims to mix tailings and waste rock to try to improve their geotechnical behavior. The objective of this work is to contribute to studies of the geotechnical behavior of tailings and waste in phosphate mining projects, based mainly on their microstructural and chemical characteristics to be used in co-disposition. For this, the geotechnical characterization of these materials was carried out, as well as chemical analyzes of the EDS, XRF and XRD type, which allowed a better understanding of the specific characteristics of these materials, especially the waste rock, regarding their granulometry and microstructural composition. It was possible to observe the presence of fine clays in the waste rock and the change in its behavior when using dispersants, which could influence the final behavior of the mixture and also a disposition structure designed with these materials.

KEYWORDS: Co-disposal, tailings, waste rock, chemical, microstructural.

ANÁLISE QUÍMICA E MICROESTRUTURAL DE REJEITOS E ESTÉREIS DE UMA MINERAÇÃO DE FOSFATO

RESUMO: Devido à complexidade do comportamento das estruturas de disposição de rejeitos e estéreis de mineração e também aos recorrentes acidentes de ruptura de barragens de rejeitos, percebe-se a importância de utilizar técnicas de disposição que garantam maior segurança, como a técnica de co-disposição, que visa misturar rejeitos e estéreis para tentar melhorar seu comportamento geotécnico. O objetivo deste trabalho é contribuir para estudos de comportamento geotécnico de rejeitos e estéreis em projetos de mineração de fosfato, com base principalmente em suas características microestruturais e químicas para serem utilizados na co-disposição. Para isso, realizou-se a caracterização geotécnica desses materiais e também análises químicas do tipo EDS, XRF e XRD, que permitiram um melhor entendimento das características específicas dos materiais estudados, principalmente os estéreis quanto a sua granulometria e composição microestrutural. Foi possível observar a presença de argilas finas no estéril e a alteração do comportamento do mesmo quando da utilização de dispersantes, o que poderia influenciar o comportamento final da mistura e também de uma estrutura de disposição projetada com estes materiais.
PALAVRAS-CHAVE: Co-disposição, rejeitos, estéreis, química, microestrutural.

1 I INTRODUCTION

There is no doubting the relevance of mining in both Brazil and the rest of the world. According to economic data from the Brazilian Mining Institute (IBRAM, 2022), in 2021, the Brazilian mineral sector recorded a 62% increase in revenue compared to 2020, totaling BRL 339.1 billion (excluding oil and gas). The Financial Compensation for the Exploration of Mineral Resources (CFEM) produced revenues of almost BRL 10,3 billion. Brazilian mineral exports reached US$ 58 billion, an increase of 58.6% compared to 2020.

Despite the mining sector's contribution to the economy, in recent years, accidents with mining tailings dams and mine waste dumps have risen, with countless losses in terms of human lives and social and environmental impacts. After the rise in accident cases, the world has followed an increasing concern regarding managing risks associated with tailings dams and other residues in the mining sector (IBRAM, 2019).

The structures constructed by the disposal of mine waste rock, known as mine waste dumps, also have a high potential for negative environmental effects when improperly managed. It is primarily because they have the potential to generate acids, contaminate soil and groundwater, and require large construction sites.

Alternative management techniques based on increasing the tailings solids contents have been studied and applied to minimize the possibility of instability of tailings disposal structures constructed using conventional techniques (MEND, 2017; CARNEIRO & FOURIE, 2018). Among the alternative methods, co-disposal technique occupies a special place when the aim is to reduce the disposal area of the generated wastes. Still, it is crucial to understand the behavior and interactions between the mixed materials.

As in most igneous phosphate deposits, in low-grade Brazilian reserves, different reagents are used in the flotation stage to beneficiate apatite and increase the phosphate recovery. The use of these reagents tends to chemically alter the mineral and gangue particles present to facilitate the mineral concentration process, which can influence the geotechnical behavior of tailings and waste rock when disposed separately or co-disposed. Therefore, it is essential to carry out a chemical and microstructural study to understand the structure and composition of these materials.

This article aims to contribute to tailings and waste rock geotechnical behavior studies in mining projects, based mainly on their microstructural and chemical characteristics. It focuses on minimizing the environmental impacts resulting from the mining process, having as a reference the waste rock and tailing generated by phosphate mining and processing.

2 I MATERIALS AND METHODS

Tailings and waste rock from phosphate mining and processing were used in this study. The samples were composed of tailings generated in the flotation stage of mineral processing, sampled on the mining tailings dam, and waste rock material generated in the mining and sampled in the waste rock dump.

The samples of materials used in this research were geotechnically characterized according to the requirements of the American Society for Testing and Materials (ASTM) standards, and the tests were carried out at the Geotechnics Laboratory of the Graduate Program in Geotechnics of the Faculty of Technology of University of Brasília (UnB), in the Geotechnics Laboratory of the Engineering Faculty of the Federal University of Catalão (UFCAT) and in the Multiuser Laboratory in Renewable Energies (LAMER) of Chemical Engineering at the Federal University of Uberlândia (UFU).

The samples were submitted to the tests of: specific gravity - ASTM D854-14 (ASTM, 2014); limits of consistency - ASTM D4318-17e1 (ASTM, 2017), and; sieving and sedimentation - ASTM D6913-17e1 (ASTM, 2017) and ASTM D7928-21e1 (ASTM, 2021). The specific gravity was also obtained using an automatic density analyzer, brand Quantachrome Instruments and model PENTAPYC 5200e. It is worth mentioning that for the penta-pycnometer test, the waste rock passing through the 2.0 mm sieve was considered, while in the pycnometer method (ASTM D854, 2014), the material passed through the 4.75 mm sieve was considered.

The granulometric curves of the materials were obtained considering coarse and fine sieving tests initially, without the use of dispersant and without agitation with a dispersion cup. Later the joint sieving and sedimentation test was carried out with and without the use of a dispersant (sodium hexametaphosphate). The tests aimed to evaluate if there would be any alteration in the granulometric curves due to the adhesion of the silts and clays in the waste rock material, a behavior observed in a tactile-visual analysis. The material was

classified according to the Unified Soil Classification System (USCS) as per ASTM D2487-17e1 (ASTM, 2017).

Chemical and microstructural analyzes were carried out on the tailings and waste rock samples. The objective of the analysis was due to the significant influence of silts and clays on the granulometric curves of the waste rock. Therefore, chemical analyzes were performed using the Energy Dispersion Spectroscopy (EDS) method, with an X-ray detector, evaluating the main elements present in the materials. Part of the EDS analyzes was carried out at the UFCAT, and they were performed from two samples of each material.

For microstructural characterization, a Scanning Electron Microscope (SEM) model Zeiss EVO MA10 was used. The analysis was performed at the Multiuser Laboratory of Scanning Electronic Microscopy (LAMEV) of Chemical Engineering at the Federal University of Uberlândia (UFU). Square samples of 1 cm x 1 cm were prepared from the coating/impregnation with gold in a Leica EM SCD050 equipment to become the samples conductive and allow analysis by SEM.

Quantitative chemical analyzes of oxides were also performed by X-Ray Fluorescence Spectrometry (FRX). The analyzes were carried out at the Multiuser Laboratory in Renewable Energies (LAMER) of Chemical Engineering at the Federal University of Uberlândia (UFU) with a Bruker X-Ray Fluorescence Spectrometer, model S8 Tiger. The samples were prepared by melting the tailings and waste rock into pellets, presenting better homogeneity and results than the pressing technique. For casting the pastilles, a Vulcan 4 MA melting machine was used.

The X-Ray Diffractometry (XRD) technique was used to identify, characterize, and quantify the minerals phases. The research was carried out in a Rigaku diffractometer, model Geigerflex D/MAX-2A/C, from the Ray Diffractometry Laboratory at UnB.

3 I ANALYSIS AND RESULTS

In Table 1 and Table 2, there is a summary of the results of the characterization tests. With the results of consistency indices tests from Table 1 (liquidity and plasticity limits), it was evidenced that the tailings present a non-plastic behavior, not having consistency parameters. The specific gravity was calculated using the pycnometer method and an automatic density analyzer - PENTAPYC 5200e. The penta-pycnometer obtained a ρ_s of 3.15 g/cm^3 for the tailings and 3.47 g/cm^3 for the waste rock.

Samples	ρ_s (g/cm^3)	LL (%)	LP (%)	IP (%)
Tailing	3,14	NL	NP	-
Waste rock	3,68	38	24	14

Table 1 – Summary of the results of the characterization tests.

The granulometric test presented in Table 1 was performed considering the percentages of gravel, sand, silt and clay (USCS scale) in the fractions of materials submitted to the test.

Samples	Granulometry (%)					Classification USCS
	Clay and silt	Sand			Gravel	
		Fine	Medium	Coarse		
Tailing – Sieving (WD)*	12,49	83,06	4,45	-	-	SM
Tailings – Sieving and sedimentation (WD)**	14,01	82,00	3,99	-	-	SM
Tailings – Sieving and sedimentation (WTD)	13,2	82,74	4,06	-	-	SM
Waste rock – Sieving (WTD)	14,59	22,71	17,85	22,60	22,25	SC
Waste rock – Sieving and sedimentation (WTD)	30,59	11,8	11,70	23,00	22,92	SC
Waste rock SP1 – Sieving and sedimentation (WD)	33,88	8,23	11,52	23,25	23,13	SC
Waste rock SP2 – Sieving and sedimentation (WD)	32,2	8,12	13,77	23,02	22,90	SC

*   WD – with use of dispersant.
** WTD – no use of dispersant.
SP1 and SP2 – specimen 1 and 2.
Note: there was no agitation in the dispersion cup in the tests with sieving only.

Table 2 – Summary of the results of the characterization tests.

The results of the granulometric analysis indicate a high presence of non-plastic fines in the tailings, probably due to the tailings processing method. Using a dispersant does not change the tailing's granulometric distribution.

The influence of the dispersant in the characterization was verified only in the waste rock samples, whose in situ condition must have a predominant granulometry closer to the result obtained without the use of dispersant and without the agitation process in the dispersion cup. There was a very marked distinction between the curves obtained with and without the use of the dispersant and considering the agitation or not with the dispersion cup before sieving the fine fraction (Figure 1). It is observed that the presence of silts and clays influences the granulometric curves of these materials, with a tendency for the finer particles to aggregate, both around themselves and adhering to larger particles as the sand fraction, considering the material that did not undergo agitation before of the sieving.

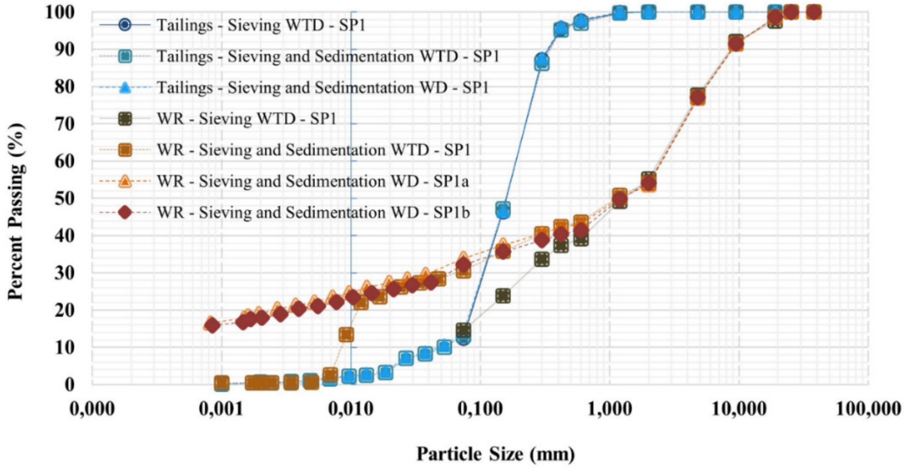


Figure 1 – Particle size analysis. Where, *WR* is waste rock, *WD* is with use of dispersant, *WTD* is no use of dispersant and SP is specimen number.

Due to the change in the granulometric curve with dispersants in the case of waste rock, it is important to consider the influence of mining processing water before co-disposing. It uses several products in mineral beneficiation to change the properties of the materials to concentrate the mineral of interest, which may change the in situ condition of the waste rock, where finer fractions could influence the entire mechanical and hydraulic behavior of the mixture.

Table 3 presents the results of chemical analyzes performed by the Energy Dispersion Spectroscopy method (EDS), identifying the main elements present in the materials. It can be seen from the results of the chemical analysis that the mining tailings are basically composed of the iron element (where the minerals related to it are removed in the mineral processing, mainly in the magnetic separation stage), silica and titanium, in addition to other elements of lesser weight, such as calcium, phosphorus and some rare earth elements. Waste rock is also composed primarily of iron, silica and aluminum. However, the element iron, in this case, makes up more than 60% of the sample, while silica and aluminum make up approximately 10.6% to 12%.

Samples							
AM1 - Tailings		AM2 - Tailings		AM3 - Waste rock		AM4 – Waste rock	
Elements	**%**	**Elements**	**%**	**Elements**	**%**	**Elements**	**%**
Fe	37,672	**Fe**	38,595	**Fe**	61,9	**Fe**	61,636
Si	30,592	**Si**	29,458	**Si**	12,051	**Si**	11,363
Ti	10,748	**Ti**	10,877	**Al**	10,646	**Al**	10,932
Ca	8,559	**Ca**	8,419	**Ti**	4,755	**Ba**	5,38
P	5,011	**P**	5,138	**Ba**	4,603	**Ti**	4,306
Ce	1,859	**Ce**	2,116	**P**	2,285	**P**	2,285
Mn	1,185	**Mn**	1,07	**Sr**	1,322	**Sr**	1,261
Zr	0,849	**Zr**	1,047	**Zr**	0,728	**Zr**	1,071
Sr	0,813	**Sr**	0,783	**Ca**	0,559	**Ca**	0,518
Mg	0,65	**Mg**	0,771	**Mn**	0,386	**Nb**	0,402
Nb	0,641	**Nb**	0,679	**Nb**	0,304	**Mn**	0,385
Al	0,567	**Al**	0,425	**K**	0,171	**K**	0,126
K	0,274	**K**	0,284	**S**	0,088	**S**	0,098
V	0,178	**Cr**	0,161	**Cu**	0,087	**Cu**	0,088
Br	0,172	**Zn**	0,15	**Zn**	0,073	**Zn**	0,073
Zn	0,157	**Y**	0,028	**Y**	0,042	**Y**	0,043
Ni	0,043					**Br**	0,036
Y	0,031						

Table 3 – Summary of chemical analysis results performed on 4 samples.

Through the microscopic characterization of the tailings and waste rock using Scanning Electron Microscopy (SEM), it was possible to observe the arrangement, shape and possible adhesion of the fine particles in the waste rock and tailings.

Figure 2 shows the tailings sample observed with different resolutions by SEM, considering an increase ranging from 50x (Figure 2a) to 700x (Figure 2d). Because the materials have been oven dried, it is observed that there is no cohesive aspect between the particles, which tends to be purely due to an apparent cohesion when water is present. It can also be noted that the particles are quite angular for the most part.

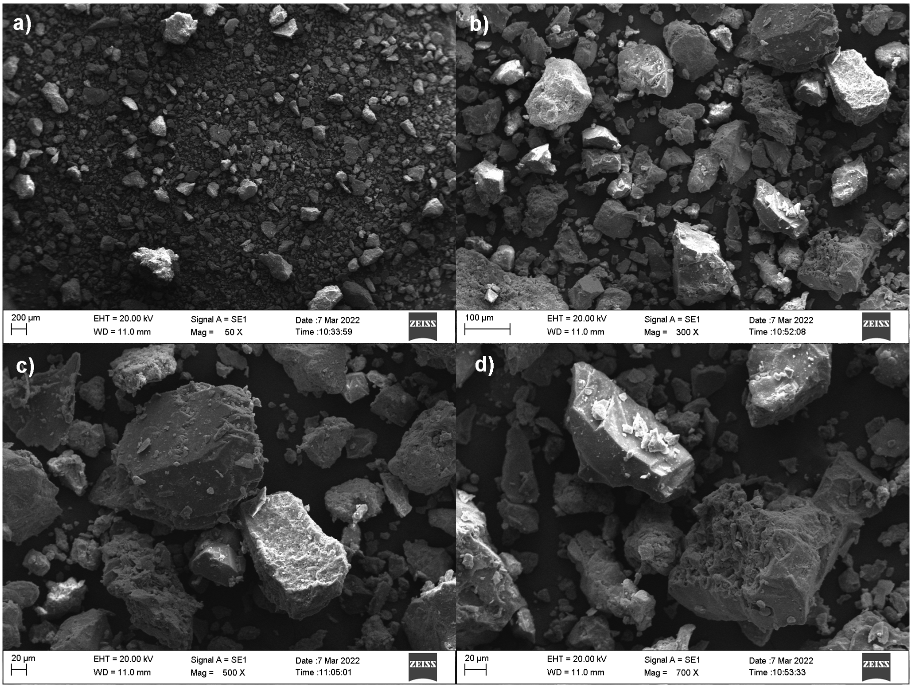


Figure 2 – Scanning electron microscopy in the tailings: a) 50x magnification; b) 300x magnification; c) 500x magnification; d) 700x magnification.

In Figure 3, it is possible to observe the waste rock sample for different resolutions in the SEM, considering an increase of 50x, 300x, and 6,500x. Due to the previous stage of drying in an oven, it is noticed that the larger particles are loose. Still, it is possible to see that these are formed either by agglomeration of smaller particles or by the adhesion of these smaller particles on the mineral's surface. The shape of the particles is more rounded and without angulations. It is interesting to note in Figure 3c the adhesion of the silt and clay particles on the minerals' surface. This aspect was also observed in the tactile-visual analysis, where the finer material tends to adhere fully to the surface of certain particles, being removed only after washing with agitation or using a dispersant.

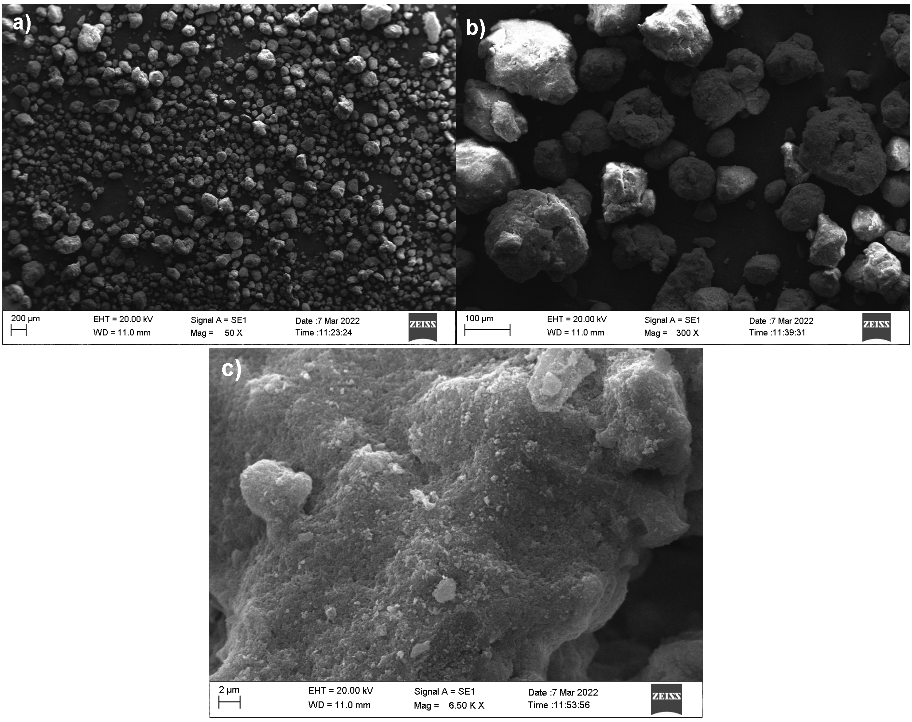


Figure 3 – Scanning electron microscopy in the waste rock: a) 50x magnification; b) 300x magnification; c) 6500x magnification.

X-Ray Fluorescence (XRF) made it possible to determine the principal oxides in the waste rock and tailings samples (Figure 4). For the tailings samples, the principal oxides were SIO_2, Fe_2O_3, TiO_2, CAO, and P_2O_5.

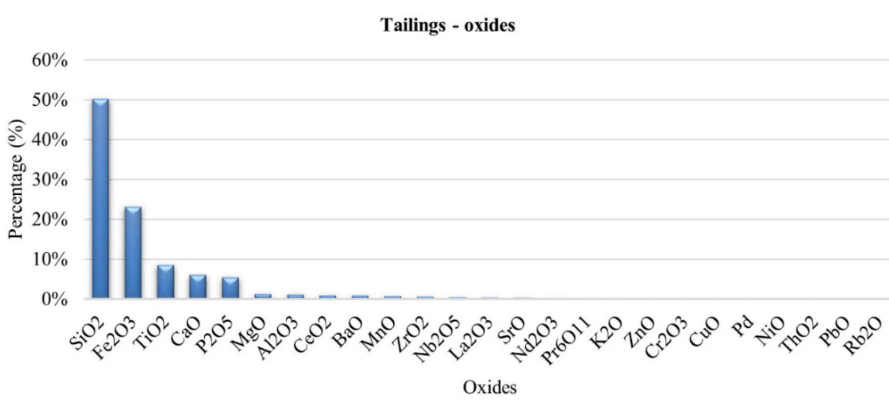


Figure 4 – Results of XRF analyzes on tailings samples.

The principal oxides present in the waste rock samples (Figure 5) were Fe_2O_3, SIO_2,

Al_2O_3, TiO_2 and P_2O_5. In this case, most oxides come from iron minerals, such as magnetite. In contrast, the other oxides appear in much smaller amounts, thus explaining the greater density of the waste rock.

Considering that oxides such as Fe_2O_3, MgO, Al_2O_3 and SiO_2 are some of the main constituents of phyllosilicates, and that the chemical composition of the primary Brazilian phosphate deposits has these minerals, it is possible to suggest that the waste rock presented here has minerals from the group of phyllosilicates, which can be: vermiculite, biotite, tetraferriphlogopite, phlogopite, muscovite, and vermiculite. Biotite and phlogopite have iron and aluminum oxides and magnesium in their composition.

Another mineral that could be present in tailings and waste rock is magnetite, a common iron ore that tends to be disposed of separately in the form of piles after being removed from the beneficiation circuit in the magnetic separation stages in the phosphate plants.

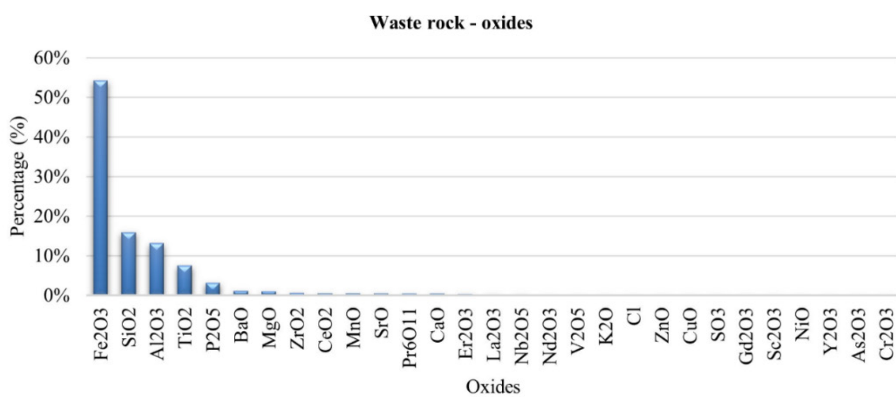


Figure 5 – Results of XRF analyzes on waste rock samples

The X-Ray Diffractometry (XRD) was used to evaluate the samples' constituent minerals. The tailings diffractograms showed in Figure 6 the following mineral constituents: quartz, anatase, stilpnomelan, vermiculite, ilmenite, siderite, pyrochlore, antigorite. Considering the x-ray fluorescence analysis and the main constituent minerals of the phosphate deposits, possibly the most appropriate would be the identification of magnetite instead of ilmenite and siderite. The analysis is performed by software containing an extensive database, which tends to identify minerals with similar peaks and constitutions.

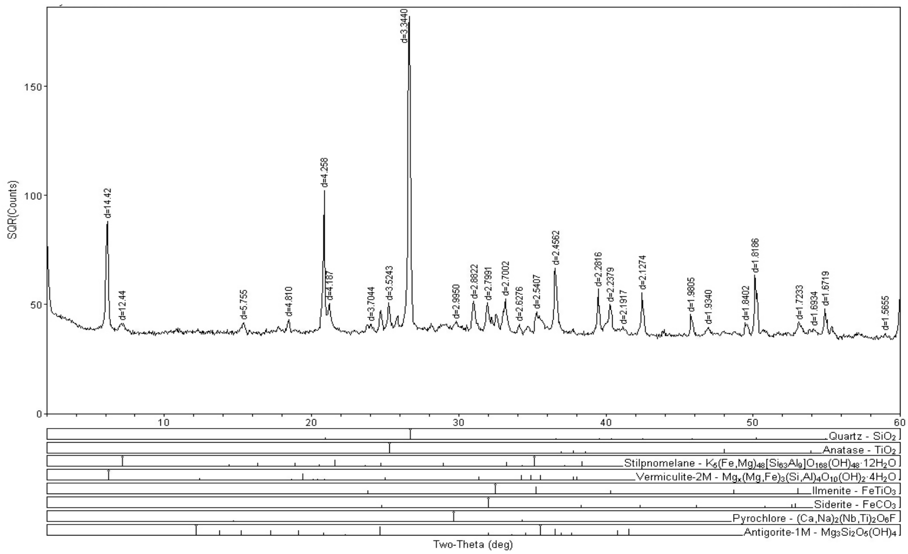


Figure 6 – Results of XRD analysis on tailings samples.

The main mineral constituents of the waste rock sample were: quartz, kaolinite, montmorilinite, anatase, goyazite and goethite (Figure 7). According to the characteristics of the deposit, the most relevant results, in this case, would be the identification of apatite instead of goyazite, and magnetite instead of goethite.

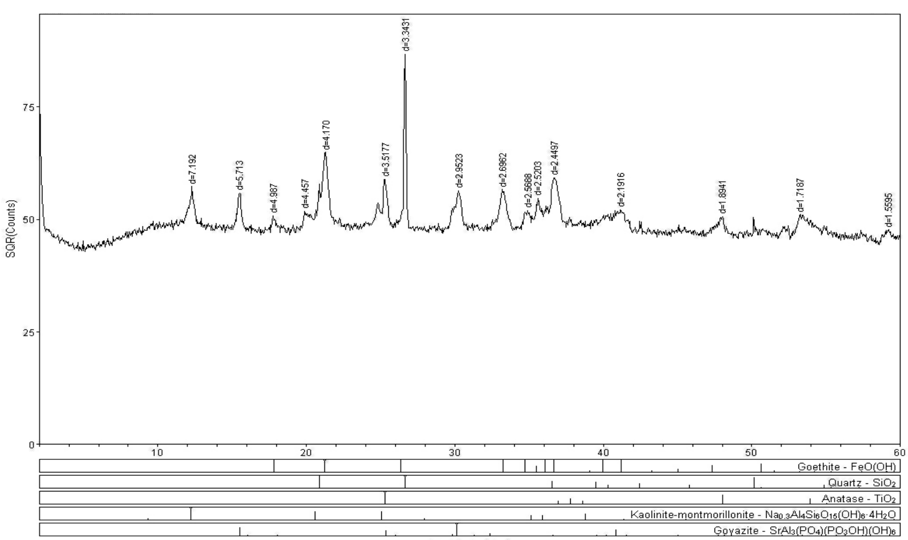


Figure 7 – Results of XRD analysis on waste rock samples.

In general, some mineral constituents that are indicated in other chemical analyses

performed (EDS and XRF) were probably not identified. Still, it was possible to perceive the presence of clay minerals, mainly in the waste rock samples, which strongly influence the behavior of the materials and mixtures, both in mechanical and hydraulic properties.

4 I CONCLUSION

From the results obtained from the geotechnical characterization of waste rock and tailings, it can be seen that the waste rock has a greater presence of fines than other materials generally studied for co-disposal, such as iron ore waste. It is observed that there is a smaller proportion between the average size of the grains, D_{50wr}:$D_{50tailings}$ = 7.5, while for other mining materials, this proportion tends to be equal to or greater than 20 according to Furnas (1928) and Wickland et al. (2006).

As the phosphate mining and processing waste rock and tailings is produced through very specific beneficiation steps, such as froth flotation and the use of different types of reagents, such as collectors and dispersants, there is a need to carry out chemical and microstructural tests, mainly using the processing water of the tailings, what was not possible in this study.

The chemical analyses allowed a better understanding of the specific characteristics of these materials, mainly of the waste rock regarding its granulometry and microstructural composition, where they are formed by agglomeration of smaller grains among themselves and also adhesion of these on the surface of larger particles, being more rounded, without angulations.

Considering the analysis of EDS, XRF and XRD, it can be seen that these smaller particles tend to be fine clays, such as montmorillonite and kaolinite, which can greatly influence the mechanical and hydraulic behavior of a possible mixture between tailings and waste rock.

Because the tailings have more angular materials, a possible mixture may reduce these angles due to the presence of the clays, which may influence the mixture’s friction parameters and global cohesion.

An important factor is the behavior of the mixed materials when in contact with the mineral processing water, which can act as a dispersant and deflocculate the fines in the waste rock and mixture, generating a behavior similar to that observed in the granulometric curves, where the fines are naturally adhered forming larger particles. Therefore, it is essential to mechanically test the mixtures under different scenarios to understand the real behavior of the materials.

REFERENCES

ASTM International Standard. **Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer** (D854-14), pp 1-8, 2014.

ASTM International Standard**. Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis** (D6913-17e1), pp 1-34, 2017.

ASTM International Standard. **Standard Test Method for Particle-Size Distribution (Gradation) of Fine-Grained Soils Using the Sedimentation (Hydrometer) Analysis** (D7928-21e1), pp 1-27, 2021.

ASTM International Standard. **Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils** (D4318-17e1), pp 1-20, 2017.

ASTM International Standard. **Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)** (D2487-17e1), pp 1-10, 2017.

ASTM International Standard. **Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort** (12,400 ft-lbf/ft^3 / 600 kN-m/m^3) (D698-12), pp 1-13, 2021.

ASTM International Standard. **Standard Test Methods for Minimum Index Density and Unit Weight of Soils and Calculation of Relative Density** (D4254-16), pp 1-9, 2016.

ASTM International Standard. **Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions** (D3080), pp 1-9, 2011.

CARNEIRO, A. & FOURIE, A. B. **A Conceptual Cost Comparison of Alternative Tailings Disposal Strategies in Western Australia**. Paste 2018. Australian Centre of Geomechanics, Perth. p. 439-454, 2018.

FURNAS, C. C. **Relations Between Specific Volume, Voids, and Size Composition in Systems of Broken Solids of Mixed Sizes**. US Bureau of Mines, Report of Investigations 2894, Vol. 7, pp. 308–314, 1928.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Infográfico: Mineração em números - 2021**. Disponível em: https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2022/02/Infografico_Mineracao_em-Numeros_2021-2.pdf. Acesso em: 30 out. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Relatório anual de atividades**: julho de 2018 – junho de 2019, 45 p., 2019.

MEND – Mine Environment Neutral Drainage Project. **MEND Report 2.50.1. Study of Tailings Management Technologies**. Klohn Crippen Berger. The Mining Association of Canada (MAC), Canadá, 2017

WICKLAND, B. E. **Volume Change and Permeability of Mixtures of Waste Rock and Fine Tailings**. PhD Thesis. University of British Columbia, 2006.

CAPÍTULO 4

DESARROLLO DE RECURSOS PARA APRENDIZAJE SEMIPRESENCIAL EN ESTUDIOS DE MÁSTER: DISEÑO DE SIMULADORES EN INGENIERÍA QUÍMICA

Data de aceite: 01/12/2022

Mª Teresa García González
Departamento de Ingeniería Química. Escuela de Ingeniería Minera e Industrial de Almadén. Universidad de Castilla La Mancha

Manuel Salvador Carmona Franco
Departamento de Ingeniería Química. Escuela de Ingeniería Minera e Industrial de Almadén. Universidad de Castilla La Mancha

Jesus Frades Payo
Departamento de Ingeniería Química. Escuela de Ingeniería Minera e Industrial de Almadén. Universidad de Castilla La Mancha

Miguel Angel Alonso del Pino
Departamento de Ingeniería Química. Escuela de Ingeniería Minera e Industrial de Almadén. Universidad de Castilla La Mancha

Angel Carnicer Mena
Departamento de Ingeniería Química. Escuela de Ingeniería Minera e Industrial de Almadén. Universidad de Castilla La Mancha

Mª Carmen López Gallego-Preciado
Departamento de Inorgánica, Orgánica y Bioquímica. Escuela de Ingeniería Minera e Industrial de Almadén. Universidad de Castilla La Mancha

Carmen Mª Fernandez Marchante
Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Ciencias y Tecnologías Químicas. Universidad de Castilla La Mancha

Luis Rodríguez Benitez
Departamento de Tecnologías y Sistemas de la Información. Escuela Superior de Informática. Universidad de Castilla La Mancha

RESUMEN: La enseñanza semipresencial en la Educación Superior, especialmente en los estudios de postgrado, es una de las tendencias con más futuro ya que ofrece oportunidades de aprendizaje continuo a los trabajadores ya titulados, y mejora la competitividad de las universidades añadiendo modelos de educación a distancia y abiertos. A pesar de las innegables ventajas de la formación semipresencial, para las asignaturas del ámbito científico-

técnico pueden suponer una reducción de las actividades prácticas, que son esenciales tanto para la asimilación de los contenidos como para el desarrollo de la capacidad de análisis crítico y de toma de decisiones. Para evitar estos problemas, se pueden utilizar simuladores como herramienta de apoyo a la formación de los estudiantes. El desarrollo de un simulador es el proceso de modelización de un sistema real, que permite reproducir situaciones y realizar múltiples experimentos. Estos experimentos pueden tener como objetivo comprender el comportamiento de un sistema o evaluar las estrategias con las que puede operar. Sin embargo, los programas comerciales de simulación de procesos industriales no están orientados específicamente a la docencia, ya que son programas profesionales desarrollados para el diseño de instalaciones industriales y/o el cálculo de procesos y sistemas de interés industrial, sin incorporan modelos enfocados al alumno. Una estrategia adecuada para salvar estos inconvenientes, podría ser el desarrollo por parte del alumno de módulos de simulación sencillos, utilizando un modelo de aprendizaje constructivista. El objetivo es dotar a los alumnos de las herramientas necesarias para poder adquirir conocimientos científico-técnicos a través de una metodología activa. En este trabajo se describe el diseño, de módulos sencillos de simulación, utilizando un modelo de aprendizaje constructivista, que favorece el desarrollo de habilidades y destrezas que permiten al estudiante comprender, analizar, evaluar, aplicar sus conocimientos y fomentar su creatividad. El trabajo se ha dividido en cinco actividades que van desde la coordinación y definición del problema a resolver, su desarrollo y finalmente, dos actividades de evaluación: de las habilidades adquiridas y del propio proceso, completadas por alumnos y profesores. Los módulos de simulación se desarrollarán mediante hojas de cálculo interactivas utilizando Microsoft Excel, que serán desarrolladas por los propios alumnos bajo la supervisión de los profesores. Los simuladores estarán disponibles para el resto de los alumnos a través de un Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA), en este trabajo el utilizado es la plataforma Moodle.
PALABRAS CLAVE: Enseñanza Semipresencial, Diseño de Simuladores, Enseñanza científico-técnica.

1 I INTRODUCCIÓN

El aprendizaje semipresencial en la enseñanza superior [1, 2, 3], permite combinar clases presenciales tradicionales con elementos de educación virtual. La pedagogía de este tipo de aprendizaje se basa en la suposición de que hay beneficios inherentes en la interacción cara a cara (F2F), y ventajas en el uso de métodos en línea [4]. Esta metodología ha ido creciendo en popularidad, ya que ha demostrado ser un enfoque eficaz para dar cabida a una población estudiantil cada vez más diversa que a menudo tiene que gestionar múltiples responsabilidades y demandas de tiempo [5,6]. Además, en los estudios de postgrado, se ofrecen oportunidades de aprendizaje continuo a los trabajadores ya graduados, que no pueden asistir a las clases presenciales, para que puedan actualizar sus conocimientos [7].

Por otro lado, hoy en día las universidades deben equilibrar constantemente la necesidad de mantener un alto nivel educativo y maximizar el número de estudiantes [8]. La

enseñanza semipresencial puede mejorar la competitividad de las universidades añadiendo modelos de educación a distancia y abierta [9, 10].

A pesar de las innegables ventajas citadas anteriormente sobre la formación semipresencial, en las asignaturas del ámbito científico-técnico esta puede suponer una reducción de las actividades prácticas, que son esenciales tanto para la asimilación de los contenidos como para el desarrollo de la capacidad de análisis crítico y de toma de decisiones.

Para evitar estos problemas, se pueden utilizar simuladores como herramienta de apoyo a la formación de los alumnos. El desarrollo de un simulador es el proceso de modelización de un sistema real, que permite reproducir situaciones y realizar múltiples experimentos. Estos experimentos tienen dos propósitos principales: la comprensión del comportamiento de un sistema y la evaluación de las diferentes estrategias con las que se puede operar en una industria.

Los programas informáticos de simulación de procesos industriales comerciales no están orientados específicamente a la docencia, ya que son programas profesionales desarrollados para el diseño de instalaciones industriales y el cálculo de procesos y sistemas de interés industrial, que no incorporan modelos enfocados al alumno.

Para superar estos inconvenientes, una estrategia adecuada podría ser el desarrollo por parte del propio alumno de módulos de simulación sencillos, utilizando un modelo de aprendizaje constructivista [11]. El objetivo es dotar a los alumnos de las herramientas necesarias para poder adquirir conocimientos científico-técnicos a través de una metodología activa.

El planteamiento presentado en este trabajo se centra en describir las actividades organizativas desarrolladas en la creación de recursos para el aprendizaje semipresencial desde su concepción hasta su evaluación para garantizar que la actividad a distancia del alumno en el curso produzca los resultados deseados. Nuestra propuesta consiste en el diseño, por parte del alumno, de módulos sencillos de simulación, que favorezca el desarrollo de habilidades y destrezas que les permita comprender, analizar, evaluar, aplicar sus conocimientos y fomentar su creatividad.

Los módulos de simulación se desarrollarán mediante hojas de cálculo interactivas utilizando Microsoft Excel, que serán desarrolladas por los propios alumnos bajo la supervisión de los profesores. Los simuladores estarán disponibles para el resto de los alumnos a través de un Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA), en este trabajo el utilizado es la plataforma Moodle.

2 | METODOLOGÍA

El trabajo se ha dividido en cinco actividades que van desde la coordinación y definición del problema a resolver, su desarrollo y, finalmente, dos actividades de evaluación.

En concreto:

- 1. Los profesores transmiten los conocimientos teóricos a los alumnos mediante vídeos de corta duración, que les proporcionan los conocimientos necesarios para desarrollar y resolver los ejercicios propuestos.
- 2. Los profesores realizarán reuniones de coordinación en las que se diseñan los problemas. Dichos problemas deben estar enfocados a promover el pensamiento crítico y creativo de los alumnos.
- 3. Los alumnos diseñan y desarrollan los módulos de simulación simple.
- 4. Los profesores diseñan y validan una rúbrica para la evaluación.
- 5. Los alumnos evalúan el conjunto de la actividad para mejorar la calidad de la enseñanza

3 I RESULTADOS

Esta trabajo se realiza en el Máster en Ingeniería de Minas impartido en la Facultad de Ingeniería Minera e Industrial de la Universidad de Castilla La Mancha en Almadén (Ciudad Real). El Máster posee un carácter semipresencial y está dirigido a estudiantes, licenciados y profesionales que exijan flexibilidad para seguir la enseñanza. La asignatura de Operaciones Unitarias de Ingeniería Química fue la seleccionada para esta experiencia docente.

El curso consta de 6 créditos ECTS (European Credit Transfer and Accumulation System). Estos 6 créditos ECTS corresponden a 150 horas teóricas de estudio. Y estas horas se distribuyen de la siguiente manera 30 horas de trabajo presencial (20 horas de tareas de laboratorio + 5 horas de simulación + 5 horas de evaluación mediante tests). Las 120 horas restantes incluyen clases online, ejercicios, tutorías presenciales y tiempo dedicado al estudio (lecturas previas, búsqueda bibliográfica, etc.)

Para describir de forma más detallada nuestra propuesta de desarrollo de recursos para la enseñanza semipresencial, se utilizará como ejemplo el diseño de un módulo de simulación de intercambiadores de calor.

3.1 Enseñanza de conceptos teóricos

Las sesiones teóricas se llevan a cabo mediante vídeos de conferencias en streaming. El profesor presenta los conceptos, mediante explicaciones teóricas y ejemplos ilustrativos. A continuación, el profesor guia a los alumnos para que apliquen los conceptos teóricos tratados a la resolución de problemas reales. Las diapositivas de las conferencias estarán disponibles en formato digital en la plataforma Moodle.

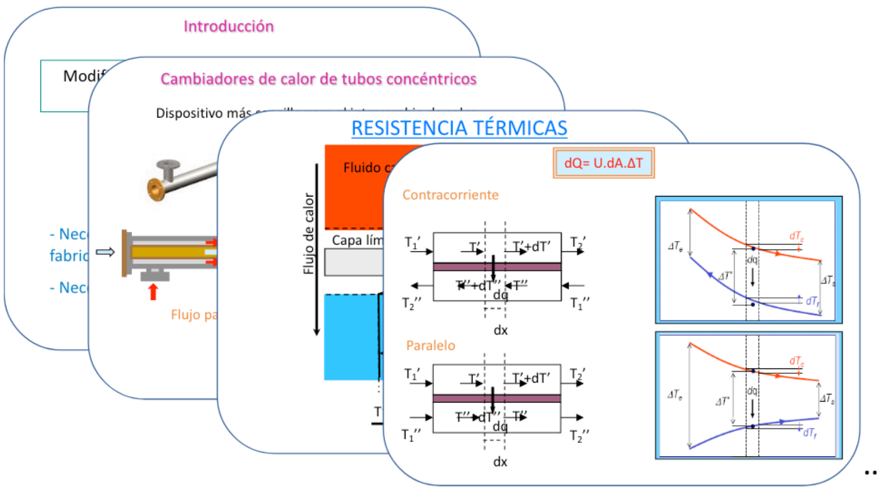


Figura 1. Ejemplos de diapositivas utilizadas en las clases online

3.2 Diseño de problemas

El diseño de los problemas propuestos se basa en casos industriales reales para atraer la atención de los estudiantes. Durante el curso se diseña y simula una red de intercambiadores de calor (procesos de transferencia de calor) para un proceso sencillo con sólo una o dos corrientes que necesita calentamiento y enfriamiento, y se aplica a la industria minera, por lo que será adecuado para fluidos altamente abrasivos y "sucios".

El planteamiento del problema está redactado de acuerdo con los siguientes atributos

- Claridad y precisión
- El problema debe estar adaptado a los conocimientos teóricos del alumno y a los conocimientos a adquirir en el curso académico.
- Los problemas deben requerir un trabajo activo por parte de los alumnos, definiendo qué supuestos son necesarios, qué información es relevante y qué pasos o procedimientos son necesarios para la resolución del problema.
- El sistema a simular debe estar perfectamente definido, identificando sus límites e interacciones externas.

El enunciado del problema estará a disposición de los alumnos a través de la plataforma Moodle.

3.3 Diseño y desarrollo del módulo de simulación

El diseño por parte de los alumnos del módulo de simulación favorece el desarrollo de habilidades y destrezas que les permiten comprender, analizar, evaluar, aplicar sus conocimientos y fomentar su creatividad. Toda la filosofía de esta actividad es aprender haciendo: ''Si el profesor sólo cuenta la teoría, el alumno puede olvidarla. Si el profesor

involucra al alumno en una tarea, el alumno la entenderá” [13].

El simulador desarrollado por parte del alumno debe calcular los siguientes elementos:

- Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor en función de la naturaleza del fluido, el tipo de flujo, la turbulencia y los depósitos de suciedad.
- Cálculo de la diferencia media de temperatura logarítmica (LMTD).
- Cálculo de la superficie del intercambiador de calor.
- Dimensionamiento óptimo y análisis de costes del intercambiador de calor.

Las competencias que el alumno desarrollará con el diseño del módulo de simulación son: conocimientos básicos sobre el uso de ordenadores para la resolución de problemas concretos en el campo de la ingeniería, conocimientos básicos de programación, capacidad de los alumnos para expresarse correctamente al utilizar terminología propia de la informática y la ingeniería, capacidad de los alumnos para aplicar sus conocimientos a su trabajo, capacidad para resolver problemas dentro de su campo de estudio, capacidad de interpretar datos relevantes para poder formar y expresar opiniones que impliquen pensamientos sobre temas apropiados de carácter científico, y el desarrollo, por parte de los alumnos, de las habilidades de aprendizaje necesarias para trabajar con un alto grado de autonomía.

3.4 Diseño de la rúbrica de evaluación

Para evaluar objetivamente la tarea de los estudiantes, se desarrolla una rúbrica como herramienta para ayudarles a conocer lo que los profesores esperan de los estudiantes, evaluar elementos específicos y, finalmente, calificar el trabajo completo. La evaluación de la rúbrica se muestra en la Tabla 1.

Para asegurarnos de que los estudiantes entienden la rúbrica, esta tabla está disponible en formato digital en la plataforma Moodle y cada criterio es explicado por los profesores antes de comenzar la tarea.

Además, desarrollamos una autoevaluación (Tabla 2) para que los propios alumnos dispongan de una herramienta que les permita realizar un análisis personal y reflexionar sobre su dedicación, lo que contribuirá al desarrollo de su capacidad de revisión crítica y ayuda a los estudiantes a hacerse cargo de su propio aprendizaje.

Categoría	Insuficiente (0)	Suficiente (1)	Adecuado (3)	Óptimo (5)	Porcentaje (%)
Diseño y presentación del simulador	Muy básico	Básico	Apropiado	Diseño muy cuidado y presentación con buen uso de elementos multimedia	10
Estructura del simulador	La estructura requerida no se cumple	La estructura solicitada se cumple parcialmente	La estructura solicitada se cumple	La estructura solicitada se cumple de forma clara y precisa	15
Calidad del contenido	El simulador recoge las diferentes ecuaciones teóricas de forma poco sistemática	La recopilación de información existe pero el enfoque es básico	Los contenidos están correctamente seleccionados	Los contenidos son claros y se presentan de forma interrelacionada y bien secuenciada	15
Actitud	No demuestra responsabilidad y capacidad organizativa	Muestra preocupación sólo en los días previos a la entrega parcial del trabajo	Desarrolla el simulacro de forma progresiva y demuestra responsabilidad	Interactúa continuamente con el profesor, se organiza y trabaja responsablemente durante todo el trabajo	20
Respuestas	No respondió a ninguna de las preguntas	Respondió a las preguntas pero necesitó ayuda	Él/ella respondió positivamente a las preguntas formuladas	Él/ella responde a las preguntas con aportes personales que muestran progreso y generación de conocimiento	20
Resultados	Los resultados presentados no son correctos y no siguen un procedimiento adecuado	Comete errores debido a cálculos erróneos o se salta los pasos para resolver el problema	Presenta al menos un 80% de resultados correctos y sigue los pasos para resolverlo aunque comete algunos errores menores	El resultado de los ejercicios propuestos es correcto y puede interpretar los mismos totalmente por el estudiante	20

Tabla 1. Rúbrica de Evaluación

Categoría	Insuficiente (0)	Suficiente (1)	Adecuado (3)	Óptimo (5)	Porcentaje (%)
Estudio de la teoría	No estudié	Estudié lo necesario para progresar	Estudié la teoría aunque no resolví los problemas analíticos propuestos	Estudié desde el principio y resolví los problemas. Además, consulté mis dudas con los profesores	50
Entrega del trabajo	No completé ninguna entrega parcial	Completé menos del 50% de las entregas parciales	Completé las entregas parciales en un porcentaje del 80%	Completé las entregas parciales en tiempo y forma	50

Tabla 2. Autoevaluación para los estudiantes.

3.5 Evaluaci*ón de la actividad*

Por último, se realiza una encuesta on-line de satisfacción a los estudiantes vía Moodle. En el cuestionario se pide información sobre una serie de temas, como la planificación y preparación de la actividad, la evaluación de la enseñanza y el clima de aprendizaje.

A continuación se detallan las preguntas de esta encuesta:

Planificación y preparación

1. La tarea está bien organizada
2. La tarea está claramente definida.
3. La tarea desarrolla mi capacidad de aplicar la teoría a la práctica
4. La carga de trabajo es adecuada.

Evaluación de la enseñanza

5. El profesor explica los conceptos con claridad
6. El profesor utiliza el tiempo de clase de forma eficaz.
7. El profesor está disponible para ayudar a los alumnos.
8. El profesor proporciona comentarios útiles.

Clima de aprendizaje

9. El profesor involucra a los estudiantes y recibe consultas ideas y opiniones de los estudiantes
10. El profesor transmite confianza en la capacidad del alumno

Preguntas finales

11. ¿En qué medida estás satisfecho con esta tarea?

12. ¿Cómo se podría mejorar la tarea?

El rango de respuestas de los usuarios se basa en una escala de acuerdo y desacuerdo con estas opciones: Totalmente de acuerdo, Algo de acuerdo, Ni de acuerdo ni en desacuerdo, Algo en desacuerdo y Totalmente en desacuerdo

4 | CONCLUSIONES

En este trabajo hemos presentado una experiencia educativa desarrollada por profesores y alumnos para mejorar el aprendizaje semipresencial mediante la creación de módulos de simulación. La creación de estos módulos de simulación proporciona una forma atractiva de introducir a los alumnos en el análisis de procesos industriales y desarrollar su capacidad de aplicar los conceptos teóricos previamente tratados en el propio curso. Asimismo, se fomenta el uso de los ordenadores para la resolución de problemas específicos de la ingeniería, y la capacidad de los alumnos para expresarse correctamente al utilizar términos propios de la ingeniería y la ciencia. En resumen, el objetivo principal es que los alumnos desarrollen las habilidades de aprendizaje necesarias para trabajar con un mayor grado de autonomía.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por los proyectos "Desarrollo de recursos para enseñanza semipresencial: "Diseño simuladores en la enseñanza científico-técnica" and "Elaboración de Recursos Audiovisuales para Actividades Prácticas en Planta Piloto en la Facultad de Ciencias y Tecnologías Químicas" por parte del Vicerrectorado de Estudios, Calidad y Acreditación de la Universidad de Castilla La Mancha.

REFERENCIAS

[1] A. Nuruzzaman, "The pedagogy of blended learning: a brief review", Int. J. Educ. Multidiscip. Stud. 4:14, pp., 14, 2016.

[2] C. A. Lightner, C. A. Lightner-Laws, "A blended model: simultaneously teaching a quantitative course traditionally, online, and remotely", Interact. Learn. Environ. 1, pp. 224–238, 2016

[3] G. Heilporn, S. Lakhal, M. Bélisle, "An examination of teachers' strategies to foster student engagement in blended learning in higher education", Int. J. Educ. Technol. High. Educ., 18, pp.1–25., 2021.

[4] I. Clark, P. James, "Blended learning: An approach to delivering science courses on-line". In Proceedings of the blended learning in science teaching and learning symposium, The University of Sydney, pp. 19–24, 2005.

[5] L. Materna, "Jump-start the adult learner: How to engage and motivate adults using brain-compatible strategies" Sage Publications, London, 2007.

[6] T.C. Clapper, “Beyond Knowles: What those conducting simulation need to know about adult learning theory” Clinical Simulation in Nursing, 6 (1), pp. e7-e14, 2010.

[7] S. Liana, and R. Lacurezeanu, “Continuous Training Possibilities in a Company Through Blended Learning”, Annals of the Alexandru Ioan Cuza University - Economics. 59, 7, 2012.

[8] J. Niekerk, P. Webb, “The effectiveness of brain-compatible blended learning material in the teaching of programming logic”, Computers & Education,Volume 103, pp.16-27, 2016.

[9] M. N. Cunha, T. Chuchu, E. Maziriri, “Threats, Challenges, and Opportunities for Open Universities and Massive Online Open Courses in the Digital Revolution”, Int. J. Emerging Tech. Learn, 15 (12), pp. 191–204, 2020.

[10] A. Bashir, S. Bashir, K. Rana, P. Lambert P, A. Vernallis, “Post-COVID-19 Adaptations; the Shifts Towards Online Learning, Hybrid Course Delivery and the Implications for Biosciences Courses in the Higher Education Setting”, Frontiers in Education, 6, pp. 1-13, 2021.

[11] K. Y. Nugroho “Constructivist Learning Paradigm as the Basis on Learning Model Development”, Education, November 2017.

[12] B. Means, Y. Toyama, R. Murphy, M.Bakia, K. Jones, “Evaluation of evidence-based practices in online learning: A meta-analysis and review of online learning studies”. U.S. Department of Education: Center for Technology in Learning, pp. 1-9, 2009.

[13] B. R. Young, D. P. Mahoney, W. Y, “Svrcek, Real-time computer simulation workshops for the process control education of undergraduate chemical engineers”, Comput Appl Eng Educ 9,57–62, 2001.

EL MEZCAL ANCESTRAL, ARTESANAL E INDUSTRIAL DE OAXACA:CONTRASTES

Data de aceite: 01/12/2022

Villegas-de Gante, A.
M.Sc. in Food Process Engeneering, Reading University
Institución: Universidad Autónoma Chapingo
Chapingo, México

Morales-López M.A.
Ing. Agroindustrial. Departamento de Ingeniería Agroindustrial (UACh)
Institución: Universidad Autónoma Chapingo
Chapingo, México

RESUMEN: El mezcal es un aguardiente tradicional resultante de la destilación del mosto fermentado procedente de las cabezas ("piñas") de varios agaves mexicanos. El estado de Oaxaca, en México, es el mayor productor de mezcal, el cual, de acuerdo con la NOM-070-SCFI-2016 se clasifica en ancestral, artesanal e industrial. Los primeros dos son productos típicos, de gran valor identitario, simbólico y de usos múltiples. Existe toda una problemática relacionada con los productores de mezcal ancestral y artesanal, muchos de los cuales no acceden a los beneficios de la Denominación de Origen, por hallarse en la informalidad y por la dificultad de integrarse al Consejo Regulador del Mezcal, que les otorgaría la formalidad. En este artículo de revisan y comparan los tres tipos de mezcal oaxacqueño.

INTRODUCCIÓN

Mezcal

El término mezcal proviene de náhuatl "*mexcalli*"[1], que significa "maguey cocido" o "tatemado" (asado sobre las brasas). El agave, o maguey, es una planta muy diversificada; se registran cerca de 200 especies en el mundo, de las cuales 150 (75 %) se encuentran en México; empero, sólo 15 de ellas se emplean para la elaboración de mezcal (Tornes y Hernández, 2015).

El mezcal es una bebida mexicana que tiene su origen desde tiempos ancestrales, en mesoamérica, donde muy probablemente ya se obtenía mosto

1 Náhuatl, una de las 68 lenguas originarias de los antiguos mexicanos. Todavía lo hablan unos 6 millones de habitantes de México. El español mexicano actual es muy rico en palabras derivadas del náhuatl.

fermentado de agave y se destilaba en ollas de barro (Serra-Puche y Lazcano-Arce, 2012). Esta bebida se consideraba sagrada porque quien la bebía entraba en “contacto con los dioses” (Fournier y Mondragón, 2012). En los últimos años ha crecido la popularidad del mezcal en el ámbito nacional e internacional debido a su calidad sensorial y simbólica.



Figura 1. Pedazo de “piña” de agave cocida, el mezcal, en el sentido original, náhuatl, de la palabra.

Varios destilados mexicanos se emparentan mucho con el denominado mezcal, actualmente, porque derivan de la destilación de mostos fermentados del agave cocido (el mezcal, en sentido original). Estos son, el tequila mismo, el bacanora de Sonora, el raicilla de Jalisco y Nayarit, la tuxca de Colima y el comiteco de Chiapas; de entre todos estos destilados, el más famoso, por su cuota en el mercado nacional e internacional, es el tequila, seguido del mezcal, que proporcionalmente aporta menos volumen al mercado, pero que actualmente experimenta un sorprendente crecimiento de dos dígitos como promedio anual.

El mezcal es un producto con protección de Estado, mediante la figura jurídico-económica de Denominación de Origen (DO); se elabora en diez estados del país (Oaxaca, Guerrero, San Luis Potosí, Zacatecas, Durango, Michoacán, Guanajuato, Tamaulipas, Puebla) (Priego , 2016), pero ya en 2018 se incluyó al Estado de México. Empero, Oaxaca destaca por producir el 80 % del mezcal nacional (COMERCAM, 2017).



Figura 2. En su categorización, el mezcal es blanco, madurado en vidrio, reposado y añejado en barricas de madera. El color indica su condición.

Según la NOM-070-SCF-2016, la cual está funcionando en el sector productivo, el

mezcal varía en su proceso de elaboración en los palenques (unidades de producción de mezcal); según esta norma, por su proceso de elaboración y nivel tecnológico de hechura, existen tres categorías de mezcal: ancestral, artesanal y “mezcal”(industrial).

EL MEZCAL, UN PRODUCTO TRADICIONAL

Un producto tradicional, sea un alimento o una bebida alcohólica (fermentada o destilada), es aquél consumido frecuentemente y usado en celebraciones o épocas del año específicas; se transmite de generación en generación, es elaborado con esmero de una forma concreta, según la herencia gastronómica, con poco o ningún procesado/ manufacturado, es diferenciado y conocido por sus propiedades sensoriales, y asociado a una localidad, región o país determinado.

El proyecto europeo Truefood (Galanakis, 2019), por otro lado, introdujo una definición operacional enfocada a los cambios en el tiempo y a la asociación del producto agroalimentario con su lugar de origen. Así, el concepto de “tradicional”, aplicado a un alimento o a una bebida alcohólica, tiene cuatro elementos:

- Su producción debe ser local, principalmente regional
- El producto debe ser auténtico
- Debe haber estado disponible para compra por el público por al menos 50 años
- El producto debe formar parte de una “herencia gastronómica” local.

También, un alimento o bebida espirituosa tradicional se refiere a un producto elaborado “con materias primas específicas y/o con una receta” conocida durante un largo tiempo y/o con un proceso específico (Cayot, 2007).

Según Bertozzi (1995), un alimento tradicional (y por extensión una bebida alcohólica tradicional) es la representación de un grupo humano, que se refiere a un espacio definido y que es parte una cultura que implica la cooperación de los individuos que operan en ese territorio. Es decir, está ligado a ese territorio y forma parte de una serie de tradiciones que aseguran su continuidad en el tiempo (Jordana, 2000).

Tratándose de mezcal, de acuerdo de a la NOM-070-SCF-2016, existen tres categorías, pero con base en sus rasgos propios, en el destilado tradicional se incluye la clasificación del mezcal ancestral y artesanal. Lo ancestral tiene que ver con lo artesanal remoto, considerando la forma de producción (baja escala, rusticidad, conocimiento empírico, falta de estandarización, etc.). El término ancestral, siendo tradicional, se remonta a tiempos más allá de la mera tradición, a tiempos prehispánicos, diríamos ahora, **pre-cuauhtémicos**[2], porque cada vez se acumula más evidencia etnoarquelógica de la muy probable aplicación de la destilación en varias culturas mesoamericanas, lo que induce a

2 Pre-cuahutémico: adjetivo cada vez de mayor uso en México que recuerda los tiempos anteriores Cuahutémoc, el héroe mexica que fue torturado y sacrificado por los conquistadores españoles.

pensar no sólo en la fermentación del jugo de agave, sino en la elaboración del destilado del mezcal (del agave cocido, *mexcalli*) (Serra-Puche y Lazcano-Arce, 2012).

LO ARTESANAL

Un objeto artesanal, sea alimentario o no alimentario, es resultado de un esfuerzo colectivo y de conocimiento empírico “enraizado” en el conjunto de los productores y cuya calidad deriva de las normas de aceptación social en la misma comunidad artesanal y entre los consumidores (Camacho, 2016).

Una característica destacada de la producción artesanal es que se efectúa en unidades productivas pequeñas, o talleres, donde labora un número reducido de trabajadores, lo que determina limitados volúmenes de producción y particularidades en su venta y difusión comercial.

Existen varias diferencias esenciales entres la producción artesanal y la industrial; éstas tienen que ver con el aspecto de producción, el tamaño de las empresas, la innovación tecnológica, el tipo de conocimiento aplicado en la producción, las modalidades de elaboración de sus productos, etcétera.

METODOLOGÍA

Este estudio, de naturaleza observacional y cualitativa, se efectuó en la última semana de enero y la primera de febrero del 2017, en el municipio de Sola de Vega y Matatlán, Oaxaca, dos municipios emblemáticos en la producción de mezcal oaxaqueño. Por muestreo dirigido, se estudió el caso de seis palenques (unidad de producción del mezcal) integrados y coordinados parcialmente con sus proveedores. Se entrevistó a actores clave sobre la cadena productiva y se captó información sobre variedades de agave y sus características de producción, el proceso de elaboración y la comercialización.

En los municipios de la zona de origen mezcalera (ver figura 1), existen numerosos productores del destilado; gran parte de ellos operan en la economía informal. Por muestreo dirigido, se estudió el caso de seis palenques integrados y coordinados parcialmente con sus proveedores de agave. Se entrevistó a actores clave sobre la cadena productiva y se captó información sobre variedades de agave y sus características de producción, su calidad, el proceso de elaboración y la comercialización.



Figura 3. Zona de Denominación de Origen para el mezcal en el estado de Oaxaca

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proceso general para la elaboración de mezcal implica el “rasurado” de la piña o cabeza, su cortado, cocción en horno (para hidrolizar carbohidratos poliméricos que dan origen a azúcares fermentables), molienda (extracción del jugo), la fermentación alcohólica, la destilación (a veces una segunda destilación: rectificación), ajuste del grado alcohólico, envasado y comercialización.

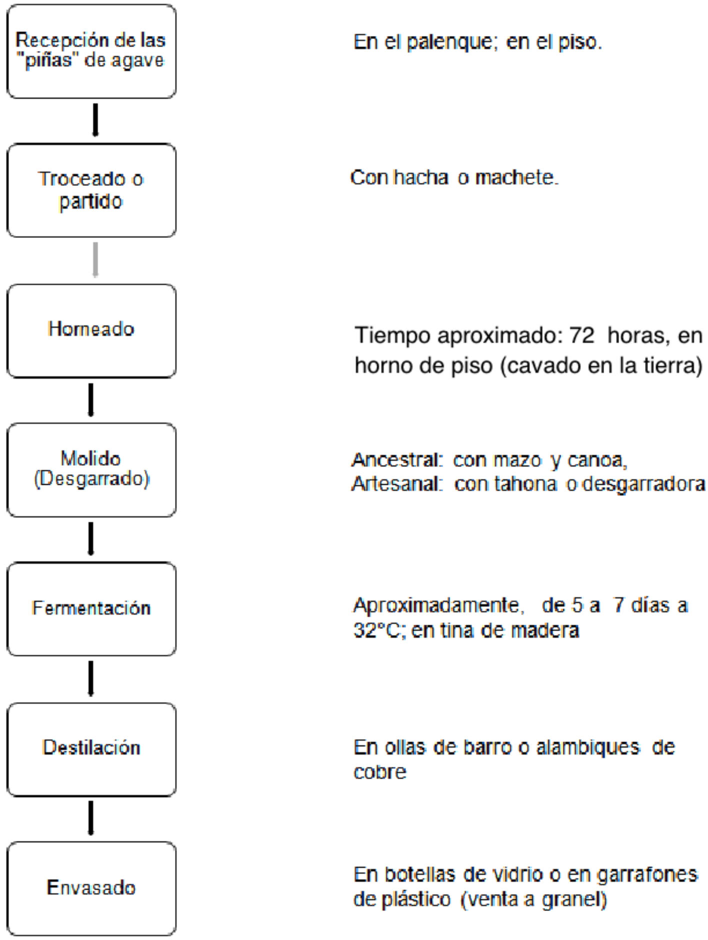


Figura 4. Diagrama genérico de bloques para elaborar mezcal ancestral y artesanal en Oaxaca.

Fuente: Propia

En estos aspectos los tres tipos de mezcal, definidos en la norma NOM-070-SCFI-2016, difieren. Así, en el ancestral la molienda se efectúa en batea y mazo de madera, por golpeo; la fermentación, en tinas de madera dura; la destilación, en ollas de barro; el producto se vende a granel, y a menudo, se emplea agave silvestre en la hechura. En general, los mezcaleros ancestrales no están integrados, ni certificados, por el COMERCAN, lo que dificulta la venta del mezcal con un buen margen de utilidad.



Figura 5. Destilación en olla de barro

En contraste, el mezcal artesanal puede incluir una desgarradora mecánica, tahona o molino chileno para la molienda de la piña cocida (ver figura 6); la fermentación más controlada y la destilación en alambiques metálicos, principalmente de cobre. Algunos mezcaleros artesanales ya están certificados por el Consejo Regulador del Mezcal (2015).



Figura 6. Molienda, con tahona, del agave cocido y destilación del mosto fermentado en alambique.

En tanto, el mezcal industrial ya se elabora en plantas modernas, a mayor escala, y en cuyo proceso se efectúa la molienda con desgarradora, la piña se cuece en hornos mejorados o autoclaves, se fermenta en reactores metálicos (v.g. de acero inoxidable), se destila en alambiques de mayor escala, e incluso se embotella en la propia unidad productiva. Obviamente, los mezcaleros industriales están afiliados al Consejo y comercializan su producto nacional e internacionalmente.

Empero, aún en la clasificación tradicional, existen contrastes entre la categoría ancestral y artesanal, algunas diferencias se muestran en el cuadro 1.

Proceso de producción	Mezcal ancestral	Mezcal artesanal	Mezcal industrial
Cocimiento	Horno de piso	Horno de piso	Horno de mampostería Autoclave
Molienda	Canoa y mazo.	Tahona, Desgarradora	Desgarradora o tren de molinos
Fermentación	Tinas de madera (sabino o pino) Pieles de animal.	Tinas de madera (de sabino o pino) Pieles de animal.	Tinas de madera, Piletasde mampostería, Tanques de acero inoxidable.
Destilado	Con fuego directo, en olla de barro y montera de barro, o madera, cuyo proceso puede incluir la fibra del maguey (bagazo).	Con fuego directo, en alambiques de cobre, cuyo proceso puede incluir la fibra del maguey (bagazo).	Alambiques de cobre, Destiladores metálicos continuos Columnas de cobre o acero inoxidable.
Origen del conocimiento	Empírico, tradicional	Empírico y teórico	Teórico
Conocimiento de las normas	Insuficiente	Insuficiente	Suficiente
Tipos de mezcales producidos	En su mayoría espadín, pero además, otras variedades de colecta (v.g. tobalá, arroqueño y coyote).	En su mayoría espadín, pero además, otras variedades de colecta: (v.g. tobalá, arroqueño y coyote).	En su mayoría, espadín.

Cuadro 1. Comparación entre los procesos de elaboración de mezcal ancestral, artesanal e industrial de Oaxaca.

FUENTE: Propia, con base en la fase de campo.

ACERCA DE LA INNOVACIÓN MEZCALERA

Si bien la tecnología se puede concebir como la aplicación de conocimiento para la producción de bienes y servicios, también implica el soporte material, como equipo e instrumentos. Teniendo como referencia esa definición, del cuadro 1 se observa que el conocimiento de la producción tradicional del mezcal es empírico. Es decir, que ha pasado de generación en generación, y que se construye a partir de la observación y la experiencia práctica, esto es, se aprende "haciendo". En contraste, en la producción industrial el conocimiento es ya con base más científica y entra en juego la capacitación del personal operativo. Se emplea un conocimiento más codificado, teórico; en tanto, en el artesanal se tiene un conocimiento de los dos tipos, predominando el empírico.

En cuanto a la tecnología incorporada, ésta se halla "dimensionada" a la escala de producción; de este modo, la producción ancestral como se nota en el cuadro 1, emplea equipo rústico, antiguo, como el horno de piso para cocer el agave, que incluye piedras calentadas a alta temperatura, la batea y el mazo de madera, para moler, y las ollas de

barro para destilar. En contraste, en la producción industrial se cuenta con autoclaves controladas, la molienda se efectúa con molinos y desgarradoras metálicas de motor, y la destilación con alambiques de cobre y/o acero inoxidable, moderno y funcional. En tanto, al nivel artesanal la tecnología, empleada puede utilizar parte del equipo de las dos formas mencionadas.

EL MEZCAL TRADICIONAL, SUS MÚLTIPLES USOS Y SIGNIFICADOS

Empíricamente, la calidad del mezcal, sobretodo en el ancestral y en el artesanal, se percibe globalmente en la prueba del "perlado"; durante ésta, el número de burbujas que se forman y la duración de ellas antes de "explotar", constituyen un indicador de buena graduación alcohólica y de la pureza del destilado (ver figura 7).



Figura 7. Prueba del "perlado", para apreciar la calidad del mezcal.

El mezcal no es simplemente una bebida de alto contenido alcohólico, embriagante, su uso verdaderamente popular en las regiones de origen es diverso, se emplea por ejemplo:

- Como digestivo y como aperitivo en la comidas cotidianas
- Catándolo, es decir, sorbo a sorbo y lentamente (se dice, "Se toma a besitos"); es una bebida socializante, que favorece la convivencia y la comunicación entre amigos y parientes
- Empleado como componente de terapias alternativas; por ejemplo, para aliviar el dolor muscular, contra la infección de garganta; combinado con plantas medicinales, como infusión para diferentes afecciones, como anestésico suave, frotado en varias partes del cuerpo, como somnífero ligero, como un ansiolítico, etcétera.
- Además, se emplea en diversos rituales de la vida cotidiana como: bautizos, peticiones, rituales religiosos (católicos y paganos) y fiestas.

Es tan significativo el consumo de mezcal, tan lleno de múltiples significados, que

se puede estar de acuerdo con el gran poeta oaxaqueño, Don Andrés Henestrosa (1906-2008), quien escribió:

"Quien lo gusta tiene otro cielo, otro suelo:
Mejora la vida, promueve el anhelo de seguir vivo.
¿Por qué creen que he llegado a mis cien años?
Porque siempre gusto de un trago de mezcal.
El que sea, que siendo de Oaxaca, hace del mal un bien, y del bien, un doble bien".

CONCLUSIONES

- La normatividad que aplica el Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal (COMERCAM) apunta, en mucho, a la innovación tecnológica en los palenques, así como a la formalización de sus actividades productivas ante la Secretaría de Hacienda. Sin embargo, se encontró que la mayor parte de los mezcaleros en las zonas de estudio, por ser ancestrales y artesanales, los más numerosos, no gozan de las bondades de la DO, por su exclusión, de hecho, por el Consejo.
- Un proyecto de norma, evidentemente lesivo, no sólo para los mezcaleros de Oaxaca de la zona de denominación de origen, sino para los que no están en ella, dentro de este estado, y los de otros estados productores de mezcal, es el Proyecto NOM-199, el cual, incluso les prohíbe nombrar a sus destilados con la palabra "mezcal", y en su lugar emplear la palabra "komil", controvertida, extraña y confusa. Afortunadamente, para estos productores que han reivindicado su derecho a llamar mezcal a su producto (aunque no se elabore en las regiones protegidas por la DO), como consecuencia de la resistencia social y la representación política, ese Proyecto de Norma se halla frenado, y no se le percibe futuro.
- Lo rasgos de proceso, según la escala de producción, imparten ventajas en el mercado a los mezcaleros industriales, y beneficios limitados, y aún mínimos, a los ancestrales y artesanales, quienes por cierto, son los mayoritarios.
- Los mezcaleros mismos han identificado la tendencia a la desaparición de las especies de agave de colecta (o de cerro, silvestres), base de la diversidad de mezcales tradicionales en Oaxaca, lo que les genera preocupación por su posible desaparición; esto ha llevado a la generación de medidas para preservar las especies, por ejemplo su domesticación y cultivo en predios propios.
- La innovación en los palenques debe ser realizada de forma muy pensada, porque puede ir en detrimento de la imagen tradicional del producto. Esto es aplicable, sobre todo, al mezcal ancestral, en el cual la calidad simbólica de su procedencia, historia y rusticidad le puede dar valor agregado en nichos de mercado.
- La denominación de origen del mezcal, incluso la del tequila, en comparación a

la aplicada en otros países (v.g. Francia e Italia), no ha sido exitosa, porque no ha promovido el desarrollo socioeconómico local de las regiones productivas. Un claro ejemplo, es la exclusión de cientos de pequeños mezcaleros que se encuentran fuera de la región geográfica marcada por la DO, que producen verdadero mezcal, pero que no lo pueden denominar como tal, sino como "destilado de agave".

REFERENCIAS

Bertozzi L. (1995), Designation of origin: Quality and Specification. En: Food Quality Preference, Vol. 6, núm. 3.

Camacho. V. J. H. (2016). La quesería de Reyes Etla. "Un Estudio Desde la Perspectiva de los Sistemas Complejos". Tesis de doctor en Problemas Económicos Agroindustriales. CIESTAM-Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México. México.

Cayot N.(2007), "Sensory Quality of Traditional Foods", en Food Chemistry, vol.101, núm. 1.

Consejo Regulador del Mezcal (COMERCAM). 2015. Informe 2015. En línea:http://documents.mx/documents/informe-2015-comsejo-regulador-del-mezcal.html#, (Consulta: 10 de agosto de 2017).

Consejo Regulador del Mezcal (COMERCAM). 2017. Informe 2017. En línea: http://www.crm.org.mx/PDF/INF_ACTIVIDADES/INFORME2016.pdf (Consulta: 04 de noviembre de 2022).

Fournier G.P. y Mondragón B. L. 2012. "Las bebidas mexicanas: pulque, mezcal y tesgüino". En: Arqueología Mexicana.Vol. 19, no.114.

Galanakis, M.Ch.(2019) (editor). Innovations in Traditional Foods. Ed. Elsevier. Reino Unido.

Jordana, J. (2000), "Traditional Foods: Challenges Facing the European Food Industry", en Food Research International. Vol. 33, núm. 3-4.

Priego N. 2016. "Para todo mal, un mezcal; para todo bien, también". En: Mexicanísimo. No. 98. México.

Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SCFI). Norma Oficial NOM-070-SCFI-2016. México.

Serra-Puche M. C. y Lazcano-Arce J. C. (2012) "El mezcal en Xochitécatl-Cacaxtla, Ttlaxcala". En: Arqueología Mexicana. Vol. 19, no.114.

Tornes S. j. y Hernández S. L. Y. (2015) Mezcal cupreata, fuente de admiración. En: Ciencia. Julio-septiembre de 2015.

EVALUACIÓN ERGONÓMICA DEL PUESTO DE TRABAJO DE UN PROFESOR DE EDUCACIÓN SUPERIOR Y SUS ACTIVIDADES EXTRAESCOLARES

Data de aceite: 01/12/2022

Gilberto Chávez Esquivel
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Uruapan.
Uruapan, Mich. México
ORCID ID 0000-0002-2896-1239

Brenda Crystal Suárez Espinosa
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Uruapan.
Uruapan, Mich. México
ORCID ID 0000-0002-1371-3267

Francisco Jesús Arévalo Carrasco
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Uruapan.
Uruapan, Mich. México
ORCID ID 0000-0002-7578-0705

Aarón Guerrero Campanur
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Uruapan.
Uruapan, Mich. México
ORCID ID 0000-0002-9034-045X

RESUMEN: Se realizó una evaluación ergonómica del puesto de trabajo de un profesor de educación superior. Mediante un estudio de tiempos se determinó la carga organizacional y se estimó el porcentaje de carga cardiovascular para conocer las exigencias laborales. El trabajo administrativo fue evaluado mediante el método ROSA, identificándose mejoras para una postura de trabajo óptima. Se obtuvieron los ángulos de las posturas adoptadas durante el trabajo administrativo y se comparó la desviación que existe entre las condiciones de trabajo y lo que se considera como aceptable. Se midieron los niveles de iluminación en el espacio evaluado para determinar si la distribución de la luz es adecuada aplicando el criterio de Uniformidad de Ilumianción. El estudio de tiempos mostró porcentajes mayores al 80% en la suma de las actividades principales y secundarias, considerado como sobredemanda laboral. Los valores máximos de las palpitaciones por minuto dan como resultados de porcentaje de carca cardiovascular mayores al 30% acercandose al límite de los considerado como carga física. La desviación de las características del puesto evaluado demuestra sobrecarga postural y el nivel de actuación obtenido sugiere intervención inmediata. Las luminarias utilizadas no proveen el mínimo requerido de iluminancia y la uniformidad de esta no es adecuada. Las recomendaciones principales están orientadas a mejorar los ángulos del equipo

de cómputo, así como los periféricos, aunado a utilizar tanto sillas como escritorios con las dimensiones favorables, implementación de luz artificial y mayor aprovechamiento de la luz natural.
PALABRAS CLAVE: Estudio de tiempos, carga cardiovascular, fatiga postural, iluminación.

ERGONOMIC EVALUATION OF THE JOB OF A PROFESSOR OF HIGHER EDUCATION AND ITS EXTRACURRICULAR ACTIVITIES

ABSTRACT: An ergonomic evaluation of the job position of a higher education teacher was carried out. By means of a time study, the organizational load was determined and the percentage of cardiovascular load was estimated to know the work demands. Administrative work was evaluated using the ROSA method, identifying improvements for an optimal work posture. The angles of the postures adopted during the administrative work were obtained and the deviation that exists between the working conditions and what is considered acceptable was compared. The illumination levels in the evaluated space were measured to determine if the light distribution is adequate by applying the Illumination Uniformity criterion. The time study showed percentages greater than 80% in the sum of the main and secondary activities, considered as labor over-demand. The maximum values of palpitations per minute give as results of a percentage of cardiovascular heart rate greater than 30%, approaching the limit of those considered as physical load. The deviation of the characteristics of the evaluated position shows postural overload and the level of performance obtained suggests immediate intervention. The luminaires used do not provide the minimum required illuminance and its uniformity is not adequate. The main recommendations are aimed at improving the angles of the computer equipment, as well as the peripherals, together with the use of both chairs and desks with favorable dimensions, implementation of artificial light and greater use of natural light.
KEYWORDS: Time study, cardiovascular load, postural fatigue, lighting**.**

INTRODUCCIÓN

Con la presencia del coronavirus SARS-Cov-2 que surgió en China, y que posteriormente se extendió a todos los continentes del mundo provocando una pandemia, siendo América uno de los continentes más afectados (México, 2020), existió la necesidad de modificar los hábitos de trabajo. Uno de los nuevos hábitos instaurados sin duda fue el teletrabajo, sobre todo en aquellos de tipo administrativo. Esta modalidad al no implementarse con el cumplimiento de los requisitos de diseño adecuados, el equilibrio entre las demandas laborales y las capacidades de las personas. La disciplina científica relacionada con la comprensión de estas interacciones es la ergonomía (SOCHERGO, 2020).

Uno de los aspectos más críticos a la hora de valorar la carga física de un puesto de trabajo corresponde a la evaluación de las posturas de trabajo, en parte debido a que este factor influye en otros, como los esfuerzos musculares, la actividad física y la seguridad

del puesto de trabajo (Maestre, 2015). Al respecto, algunos de los factores de riesgo más comunes del trabajo administrativo derivan de la permanencia en posición sedente durante largo tiempo que si se mantiene incorrectamente, incrementa la fatiga muscular, y por otra parte, del empleo del teclado y el mouse (o ratón). Por ejemplo: movimientos repetitivos de los dedos, las manos y las muñecas, mantenimiento del antebrazo y la muñeca en posturas incómodas o presión de contacto elevada en la muñeca que maneja el mouse (Diego-Mas, 2015).

Para la eficacia de la prevención es necesario entender lo que significa la postura, la cual es el resultado de una decisión, que busca una eficacia máxima y una seguridad óptima para la salud del trabajador (Álvarez, 2009). Existe evidencia epidemiológica que indica que determinadas posturas de trabajo pueden generar trastornos músculo-esqueléticos (TME´s). De este modo, el término sobrecarga postural está referido a posiciones adoptadas por los segmentos corporales, que puedan implicar riesgo para la integridad y función del sistema músculo-esquelético (Pheasant, 1998). Estudios indican que la prevalencia de los TME´s en puestos de oficina oscila entre el 10% y el 62%, generalmente relacionados con las extremidades superiores, cuello y espalda (Diego-Mas, 2015).

Los TME´s también se presentan por una elevada carga de trabajo, por la correlación con la fatiga física. La frecuencia cardiaca es un excelente indicador fisiológico de esfuerzo sobre el sistema cardiovascular. Los latidos cardiacos no solo aumentan por el trabajo físico desplegado, sino también como una forma de ayudar a eliminar el calor corporal, para evitar que suba la temperatura del organismo. Por tal motivo, se producen ajustes para que la sangre fluya (refrigeración) más rápido y uno de estos es el aumento de la frecuencia cardiaca (Apud & Meyer, 2009).

Aunado a los problemas de posturas, en las actividades del trabajo administrativo en ocasiones no se tienen los niveles mínimos de iluminación que deben incidir en el plano de trabajo, para cada tipo de tarea visual o área de trabajo. El reconocimiento de las condiciones de iluminación, tiene el propósito de identificar las tareas visuales asociadas a los puestos de trabajo, examinando aquellas en donde exista una iluminación deficiente o en exceso que provoque deslumbramientos (NOM-025-STPS-2008). Todo lugar de trabajo, con excepción de faenas mineras subterráneas o similares, deberá estar iluminando con luz natural o artificial dependiendo de la faena a realizar, dicha iluminación es expresada en (Lx) luxes (594, 1999).

OBJETIVO GENERAL

Evaluar ergonómicamente el puesto de trabajo de un profesor de educación superior; así como las actividades que realiza fuera de las responsabilidades docentes., para optimizar las condiciones de trabajo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I Identificar la carga organizacional de trabajo y esfuerzo cardiovascular.
- II Estudiar las características del mobiliario y posturas adoptadas durante el trabajo de tipo administrativo.
- III Obtener los niveles de iluminación del puesto de trabajo.
- Otorgar recomendaciones orientadas a mejorar las condiciones disergonómicas.

METODOLOGÍA Y MATERIALES

I Para comprender las actividades del puesto de trabajo se realizó un estudio de tiempos. El estudio de tiempos ayudó a conocer la carga organizacional de trabajo, desde las labores del trabajador, el origen de las demandas del sistema y la interacción puesto de trabajo-persona. Por otra parte, se evaluaron las asignaciones de funciones, las exigencias que impone la organización para que se ejecuten las tareas durante la jornada laboral.

Dado que, frecuentemente las exigencias laborales conllevan a alteraciones fisiológicas en los trabajadores. Para determinar si las demandas impuestas están dentro de los límites razonables de carga física, se llevó a cabo la medición de los latidos cardiacos, expresados como porcentaje de carga cardiovascular, calculada con la fórmula:

$$\% \text{ CC} = (\text{FC trabajo} - \text{FC reposo})/(\text{FC máxima} - \text{FC reposo}) \times 100$$

Donde:

% CC: Porcentaje de carga cardiovascular.

FC trabajo: Frecuencia cardiaca de trabajo.

FC reposo: Frecuencia cardíaca de reposo.

FC máxima: Frecuencia cardíaca máxima teórica, obtenida de la diferencia entre 220 y la edad. Se considera que el trabajo es pesado cuando en promedio de una jornada de 8 horas se excede el 40 % de la CC (Apud & Meyer, 2009).

Para la obtención de los latidos cardíacos, se utilizó un pulsómetro M200 de marca Polar, el cual cuenta con monitor de frecuencia cardiaca, sin embargo, para mejorar la precisión de la frecuencia cardiaca se adicionará un sensor por medio la banda telemétrica Polar H10. Con ayuda del pulsómetro M200 se dió seguimiento a la quema de calorías durante las labores del trabajador, obteniéndose el gasto energético por día.

El trabajador utilizará el pulsómetro M200 en su muñeca izquierda y la banda telemétrica en la parte torácica del cuerpo. Previo a la utilización del pulsómetro M200, este se programó en la plataforma de Polar Flow capturando los datos personales del trabajador.

II El trabajo administrativo se evaluó mediante el método ROSA (Rapid Office Strain Assessment). Este método emplea diagramas de puntuación asignando un valor a cada uno de los elementos del puesto: silla, pantalla, teclado, mouse y teléfono. Obtenidos

los datos necesarios se puntuarán los diferentes elementos del puesto con ayuda de los diagramas de puntuación, los cuales fueron diseñados para asignarle la puntuación de 1 si la situación de un elemento del puesto es la ideal; conforme la situación del elemento se desvía de la ideal la puntuación crece de forma lineal hasta 3.

Por otra parte, ciertas situaciones específicas respecto a cada elemento incrementan la puntuación obtenida por el elemento (+1). Una vez obtenidas las puntuaciones de los cinco elementos del puesto considerados, se obtienen las puntuaciones parciales y la puntuación final. La puntuación final puede oscilar entre 1 y 10, siendo más grande cuanto mayor es el riesgo para la persona que ocupa el puesto (Ergonautas, 2020).

La figura 1 muestra los niveles de actuación según la puntuación final del método ROSA.

Puntuación	Riesgo	Nivel	Actuación
1	Inapreciable	0	No es necesaria actuación.
2 - 3 - 4	Mejorable	1	Pueden mejorarse algunos elementos del puesto.
5	Alto	2	Es necesaria la actuación.
6 - 7 - 8	Muy Alto	3	Es necesaria la actuación cuanto antes.
9 - 10	Extremo	4	Es necesaria la actuación urgentemente.

Figura 1.- Niveles de actuación del método ROSA

Fuente: Extraído Ergonautas

Esta evaluación se complementó con fotografías, y tras la observación, con una breve entrevista al trabajador para aclarar aspectos de la tarea y el puesto de trabajo.

La suma de las puntuaciones de la altura del asiento y la profundidad del asiento, además, la suma de las puntuaciones de los reposabrazos y el respaldo, se emplean para obtener el valor correspondiente de la figura 2. La puntuación obtenida se le sumará la puntuación correspondiente al tiempo de uso de la silla.

A la puntuación obtenida para la pantalla se agregará la puntuación debida al tiempo de uso del monitor. La suma de ambas puntuaciones determinará la puntuación del monitor. De la misma manera, la puntuación obtenida para el teléfono se adiciona la puntuación debida al tiempo de uso, pero considerando ahora el tiempo que el trabajador emplea el teléfono. La suma de ambas puntuaciones determinará la puntuación del teléfono. Ambas puntuaciones, la del teléfono y la del monitor, se emplean para obtener el valor correspondiente en la figura 3.

En la puntuación obtenida para el mouse se adicionará la puntuación correspondiente

al tiempo de uso del mouse. La suma de ambas puntuaciones determinará la puntuación del mouse. De la misma manera, a la puntuación obtenida para el teclado es necesario aumentar la puntuación debida al tiempo obtenido del uso del teclado, pero considerando ahora el tiempo que el trabajador emplea el teclado. La suma de ambas puntuaciones determinará la puntuación del teclado. Ambas puntuaciones, la del mouse y la del teclado, se emplean para obtener el valor correspondiente de la figura 4.

Finalmente, se obtendrá la puntuación de la pantalla y los periféricos. Para ello se utilizará la figura 5. Para consultar esta tabla se emplearán los valores obtenidos anteriormente de la figura 3 y de la figura 4.

Una vez obtenidas la puntuación de la silla, la puntuación de la pantalla y los periféricos se empleará la figura 6.

TABLA A		Altura del Asiento + Profundidad del Asiento							
		2	3	4	5	6	7	8	9
Reposabrazos + Respaldo	2	2	2	3	4	5	6	7	8
	3	2	2	3	4	5	6	7	8
	4	3	3	3	4	5	6	7	8
	5	4	4	4	4	5	6	7	8
	6	5	5	5	5	6	7	8	9
	7	6	6	6	7	7	8	8	9
	8	7	7	7	8	8	9	9	9

Figura 2.- Tabla A del método ROSA

Fuente: Extraído Ergonautas

TABLA B		Puntuación de la Pantalla							
		0	1	2	3	4	5	6	7
Puntuación del Teléfono	0	1	1	1	2	3	4	5	6
	1	1	1	2	2	3	4	5	6
	2	1	2	2	3	3	4	6	7
	3	2	2	3	3	4	5	6	8
	4	3	3	4	4	5	6	7	8
	5	4	4	5	5	6	7	8	9
	6	5	5	6	7	8	8	9	9

Figura 3.- Tabla B del método ROSA

Fuente: Extraído Ergonautas

TABLA C		Puntuación del Teclado							
		0	1	2	3	4	5	6	7
Puntuación del Mouse	0	1	1	1	2	3	4	5	6
	1	1	1	2	3	4	5	6	7
	2	1	2	2	3	4	5	6	7
	3	2	3	3	3	5	6	7	8
	4	3	4	4	5	5	6	7	8
	5	4	5	5	6	6	7	8	9
	6	5	6	6	7	7	8	8	9
	7	6	7	7	8	8	9	9	9

Figura 4.- Tabla C del método ROSA

Fuente: Extraído Ergonautas

TABLA D		Puntuación Tabla C								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Puntuación Tabla B	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	2	2	2	3	4	5	6	7	8	9
	3	3	3	3	4	5	6	7	8	9
	4	4	4	4	4	5	6	7	8	9
	5	5	5	5	5	5	6	7	8	9
	6	6	6	6	6	6	6	7	8	9
	7	7	7	7	7	7	7	7	8	9
	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9
	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Figura 5.- Tabla D del método ROSA

Fuente: Extraído Ergonautas

TABLA E		Puntuación Pantalla y Periféricos									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Puntuación Silla	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	2	2	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	3	3	3	3	4	5	6	7	8	9	10
	4	4	4	4	4	5	6	7	8	9	10
	5	5	5	5	5	5	6	7	8	9	10
	6	6	6	6	6	6	6	7	8	9	10
	7	7	7	7	7	7	7	7	8	9	10
	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	10
	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Figura 6.- Tabla E del método ROSA

Fuente: Extraído Ergonautas

Se obtuvieron los ángulos de las posturas de uso frecuente en el trabajo administrativo. Posteriormente, se compararon con los criterios de referencia de Pheasant (1998) para establecer el grado de desviación que existe entre las posturas trabajo y las que se considera como aceptables. La goniometría se obtuvo mediante la medición por medio de fotografías (RULER).

III Para obtener los niveles de iluminación, primeramente, se determinó el índice local (IL) y con este, se procederá a obtener el número de puntos de medición (NPM). Una vez obtenido el NPM, se calcularán la distribución de los puntos de medición a lo largo y ancho de la sala. Las mediciones se efectuarán en cada uno de los puntos de medición obtenidos, a una altura de 80 centímetros o sobre la superficie del plano de trabajo. Se obtuvo el valor de uniformidad de iluminación. Utilizando la aplicación de Science Journal para el uso del luxómetro (Management, 2020).

El IL se calculó mediante las medidas que se muestran en la Tabla 1, utilizando la siguiente fórmula:

$$IL = \frac{a \times b}{h\,(a + b)}$$

El IL se sustituye en la fórmula a continuación, que corresponde a la variable X redondea al entero.

$$NPM = (x + 2)^{2}$$

Ítem	Descripción	Valor
a	Largo de la sala	
b	Ancho de la sala.	
c	Alto total de la sala.	
d	Distancia desde el techo a la luminaria (cero su está embutida).	
e	Altura de la superficie de trabajo.	
h	Distancia vertical entre la superficie de trabajo y la luminaria (se determina restando a la altura total la suma de d+e).	

Tabla 1.- Descripción y valores correspondientes del espacio a evaluar

El resultado de los NPM (varía desde 9 hasta 36 puntos), los cuales son distribuidos considerando el ancho y largo del espacio evaluar. Para calcular, los puntos de medición a lo ancho y largo del espacio a evaluar, respectivamente, donde N total corresponde a NPM, se aplicaron las siguientes fórmulas:

$$\text{N ancho} = \sqrt{\frac{\text{N total}}{\text{Largo (a)}} \text{ x Ancho (b)}}$$

$$\text{N largo} = \text{N ancho x } \frac{\text{Largo (a)}}{\text{Ancho (b)}}$$

Para determinar si la distribición de la luz es adecuada en el espacio evaluado se aplicó el criterio de Uniformidad de Ilumianción (UI). El valor resultante debe ser mayor o igual 0.80, si es menor indica que la iluminación no está distribuida en forma uniforme.

$$\text{U.I.} = \frac{\text{ILUMINANCIA MÍNIMA MEDIDA}}{\text{ILUMINANCIA MEDIA MEDIDA}}$$

1 I RESULTADOS Y DISCUSIÓN

I *Carga organizacional de trabajo y esfuerzo cardiovascular.*

El análisis del estudio de tiempos se realizó en tres días laborales diferentes, con el propósito de identificar si las variabilidades de las actividades sobrepasan la capacidad de carga de trabajo en el trabajador. Las figuras 7 y 8 muestran algunas de las actividades a evaluar.

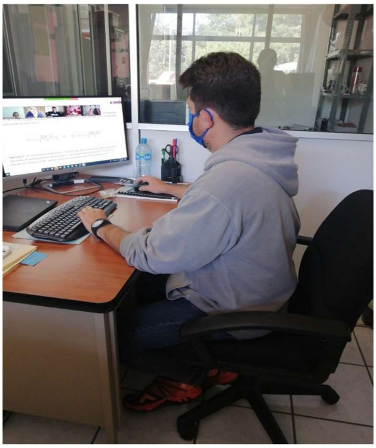
 

Figura 7.- Actividades en oficina; Figura 8.- Actividades en campo

Fuente: Propia

Las actividades en el desarrollo de los análisis están concentradas en las Tablas 2 y 3.

Actividades	Descripción
Administrativas	Atención a clientes de manera personal y vía telefónica, llamadas telefónicas,realización y respuesta de correos electrónicos, captura de los servicios solicitados por los clientes y entrega de los informes de resultados.
Asesoría residentes	Atención de alumnos que están realizando su estadía profesional.
Clase en línea	Impartición de clase mediante plataformas electrónicas.
Conducir	Desplazamiento por medio de vehículo.
Entrega de paquete	Solicitud de servicios a empresas de paquetería y mensajería.
Entrega de material de muestreo	Entrega de insumos de muestreo a los clientes.
Firma de documentos	Firma de oficio de índole académico.
Recolección de muestras	Recoger muestras en los domicilios de los clientes.
Trámite bancario	Realización de pagos y depósitos bancarios.

Tabla 3.- Actividades principales y secundarias del análisis.

Actividades	Descripción
Aseo personal	Higiene personal.
Comida	Ingesta de alimentos.
Sin actividad	La no realización de actividades laborales.

Tabla 4.- Actividades con pausas laborales.

Los valores del primer análisis muestran el tiempo que invirtió el trabajador desde la hora que se despertó hasta la hora en que terminó de realizar su última actividad laboral Tabla 5. En actividades principales invierte el 77.34% de los 728 minutos evaluados. En actividades secundarias y en pausas invierte 3.57% y 19.09% respectivamente; Tabla 6.

Durante el análisis de tiempos, de manera simultánea se midieron los latidos cardiacos del trabajador ya que estos valores ayudan a determinar; si para efectos de la realización de las actividades, existe fatiga física por medio de la obtención del % CC. En el primer día analizado la frecuencia cardiaca promedio fue de 86 palpitaciones por minuto (ppm). Tomando los datos personales del trabajador que se muestran en figura 9, se determinó que el % CC es de 25.61 y el desgaste generado representó un gasto energético de 2167 kcal.

Hora Inicio	Hora Terminación	Actividad	Minutos	%
7:33	7:52	Conducir	19	2.61
7:52	9:49	Clase en línea	117	16.07
9:49	10:38	Actividades administrativas	49	6.73
11:34	11:47	Conducir	13	1.79
13:25	13:37	Conducir	12	1.65
13:37	14:00	Actividades administrativas	23	3.16
14:00	15:40	Clase en línea	100	13.74
15:40	17:35	Actividades administrativas	115	15.80
17:35	17:51	Conducir	16	2.20
17:51	18:29	Recolección de muestras	38	5.22
18:29	18:50	Conducir	21	2.88
18:50	18:56	Actividades administrativas	6	0.82
18:56	19:02	Conducir	6	0.82
19:02	19:08	Entrega de paquete	6	0.82
19:08	19:12	Conducir	4	0.55
19:12	19:30	Actividades administrativas	18	2.47

Tabla 5.- Primer día de análisis

Actividad	Tiempo en minutos	%
Principal	563	77.34
Secundaria	26	3.57
Pausas	139	19.09
Total	128	100

Tabla 6.- Resumen de actividades primer día de análisis.



Figura 9.- Datos trabajador evaluado

En la figura 10 se muestra la variabilidad de las palpitaciones por minuto que tuvo el trabajador durante la realización de sus actividades, en el primer día analizado.

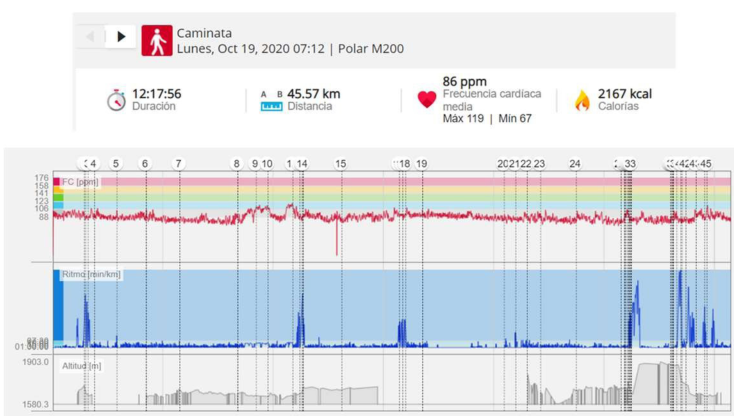


Figura 10.- Palpitaciones en primer día analizado

Fuente: Extraído Polar Flow

Los valores del segundo análisis que se muestran en la Tabla 7, muestran que en actividades principales invierte el 56.26% de los 855 minutos evaluados. En actividades

secundarias y en pausas invierte 17.43% y 26.32% respectivamente. Llama la atención que pese a que fueron más minutos evaluados el porcentaje de tiempo invertido en la realización de actividades principales disminuyó, como se observa en la Tabla 8.

En el segundo día analizado la frecuencia cardiaca promedio fue de 94 ppm, con esta frecuencia se determinó un % CC de 32.23 y el desgaste generado representó un gasto energético fue de 3764 kcal. La figura 11 muestra la variabilidad de las palpitaciones por minuto que tuvo el trabajador durante la realización de sus actividades, en el segundo día analizado. Es importante destacar que la ppm máxima de este día analizado fue de 126.

Hora Inicio	Hora Terminación	Actividad	Minutos	%
6:05	6:18	Conducir	13	1.79
6:18	6:19	Recolección de muestras	1	0.14
6:19	6:31	Conducir	12	1.65
6:31	7:12	Actividades administrativas	41	5.63
7:12	7:18	Conducir	6	0.82
7:18	7:27	Entrega de paquete	9	1.24
7:27	7:32	Conducir	5	0.69
7:32	9:28	Clase en línea	116	15.93
9:28	11:00	Actividades administrativas	32	4.40
11:00	11:17	Conducir	17	2.34
11:17	11:49	Trámite bancario	32	4.40
11:49	11:58	Conducir	9	1.24
14:27	14:40	Conducir	13	1.79
14:40	15:00	Actividades administrativas	20	2.75
15:00	15:37	Asesoría residente	37	5.08
15:37	17:41	Actividades administrativas	4	0.55
17:41	18:00	Conducir	19	2.61
18:00	18:02	Recolección de muestras	2	0.27
18:02	18:22	Conducir	20	2.75
18:22	19:02	Actividades administrativas	30	4.12
19:02	19:09	Conducir	7	0.96
19:09	19:19	Entrega de paquete	10	1.37
19:19	19:24	Conducir	5	0.69
19:24	19:45	Actividades administrativas	21	2.88

Tabla 7.- Segundo día de análisis

Actividad	Tiempo en minutos	%
Principal	481	56.26
Secundaria	149	17.43
Pausas	225	26.31
Total	855	100

Tabla 8.- Resumen de actividades segundo día de análisis.

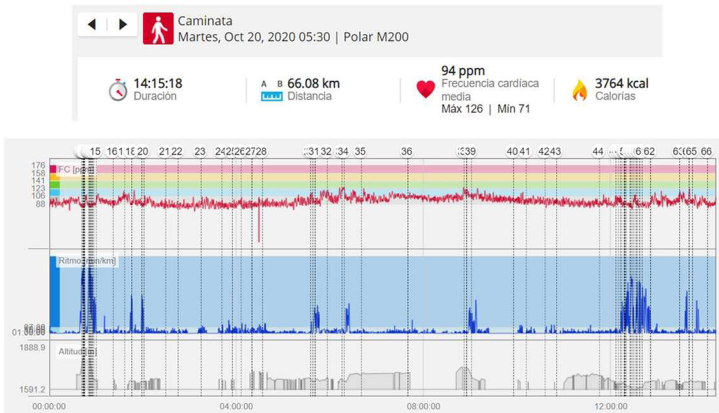


Figura 11.- Palpitaciones en segundo día analizado

Fuente: Extraído Polar Flow

Para el tercer análisis que se observa en la Tabla 9, se obtuvo que en las actividades principales invierte el 77.41% de los 735 minutos evaluados. En actividades secundarias y en pausas invierte 19.05% y 3.54% respectivamente. En este análisis se destaca que el porcentaje de tiempo invertido en actividades secundarias incrementó y disminuyó el porcentaje de tiempo invertido en pausas, estos valores, totalmente opuestos a los obtenidos en el primer y segundo análisis; como se muestra en la Tabla 10.

Para el tercer día analizado la frecuencia cardiaca promedio fue de 91 ppm, con esta frecuencia se determinó un % CC de 29.75 y el desgaste generado representó un gasto energético fue de 2887 kcal.

Hora Inicio	Hora Terminación	Actividad	Minutos	%
7:37	7:47	Conducir	10	1.37
7:47	7:56	Actividades administrativas	9	1.24
7:56	8:00	Conducir	4	0.55
8:00	8:11	Entrega de paquete	11	1.51
8:11	8:27	Conducir	16	2.20
8:27	9:00	Asesoría residente	33	4.53
9:00	9:30	Clase en línea	30	4.12
9:30	11:19	Actividades administrativas	109	14.97
11:19	11:47	Firma documentos (recorrido)	28	3.85
11:47	11:55	Actividades administrativas	8	1.10
11:55	12:13	Conducir	18	2.47
12:13	13:22	Actividades administrativas	69	9.48
13:48	13:58	Conducir	10	1.37
13:58	15:40	Clase en línea	102	14.01
15:40	17:45	Actividades administrativas	5	0.69
17:45	18:07	Conducir	22	3.02
18:07	18:09	Entrega material de muestreo	2	0.69
18:09	18:12	Conducir	3	0.41
18:12	18:14	Recolección de muestras	2	0.27
18:14	18:40	Conducir	26	3.57
18:40	19:49	Actividades administrativas	9	1.24
18:49	18:55	Conducir	6	0.82
18:55	19:00	Entrega de paquete	5	0.69
19:00	19:05	Conducir	5	0.69
19:05	19:32	Actividades administrativas	27	3.71

Tabla 9.- Tercer día de análisis

Actividad	Tiempo en minutos	%
Principal	569	77.41
Secundaria	140	19.05
Pausas	26	3.54
Total	735	100

Tabla 10.- Resumen de actividades tercer día de análisis

La figura 12 muestra la variabilidad de las palpitaciones por minuto que tuvo el trabajador durante la realización de sus actividades, en el segundo día analizado. La ppm máxima en el análisis de este día fue la mayor de los tres estudios con 138.

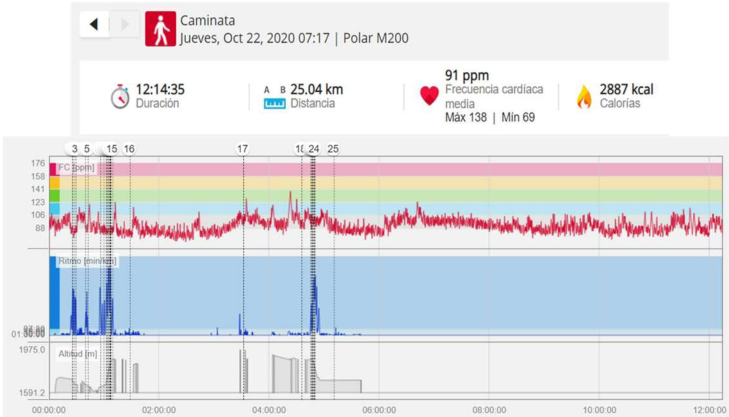


Figura 12.- Palpitaciones en tercer día analizado

Fuente: Extraído Polar Flow

Conforme avanzan los días de actividad, el cuerpo resiente el desgaste acumulado y si no se toman los reposos necesarios para la recuperación se podrán presentar desórdenes músculo-esqueléticos por fatiga laboral (Apud & Meyer, 2009).

II *Características del mobiliario y posturas adoptadas durante el trabajo de tipo administrativo.* Para aplicar el método ROSA se observará el puesto de trabajo mientras el trabajador desarrolla sus actividades docentes; figura 13.

Asignados los valores a cada uno de los elementos del puesto: silla, pantalla, teclado, mouse y teléfono, se calificaron los diferentes elementos del puesto con ayuda de los diagramas de puntuación.



Figura 13.- Realización de actividades docentes

Fuente: Propia

El resultado de la evaluación del puesto de trabajo con el método ROSA fue de 8 como se observa en la Tabla 11. Con respecto al nivel de actuación que proporciona el método ROSA es necesario efectuar mejoras en las variables analizadas (silla, pantalla, periféricos), buscando el punto óptimo de la postura de trabajo.

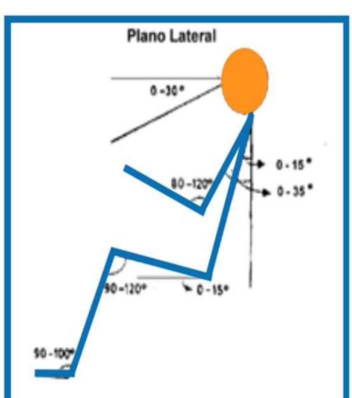
Tablas	Puntuación
A Reposabrazos + respaldo + altura asiento + profundidad de asiento	7
B Teléfono + pantalla	2
C Mouse + teclado	4
D Teléfono + pantalla + teclado + mouse	4
E Silla + teléfono + pantalla + teclado + mouse	8

Tabla 11.- Resultado de la evaluación del método ROSA

Se determinó el grado de desviación que existe entre las condiciones de trabajo y lo que se considera aceptable. La evaluación está orientada a definir posturas de menor riesgo para el sistema músculo-esquelético, que sean funcionales y cómodas.

En la figura 14a se presentan algunos ángulos de comodidad referidos en la literatura (Pheasant, 1998). Como se pueda observar, las posturas cómodas no son ángulos específicos, sino rangos de desplazamiento que las personas puedan adoptar para alcanzar una condición de confort.

Considerando los ángulos de comodidad y los registrados en el trabajador, se toman como ejemplo dos segmentos corporales. El primero es la postura del tronco. Las referencias de ángulos de comodidad indican que la tarea en postura sentado, debería estar en extensión entre 0° y 15°. Como se puede apreciar en la figura 14b, el trabajador está a 16°, pero hacia la parte anterior de la vertical, está en flexión y fuera de los ángulos de comodidad.



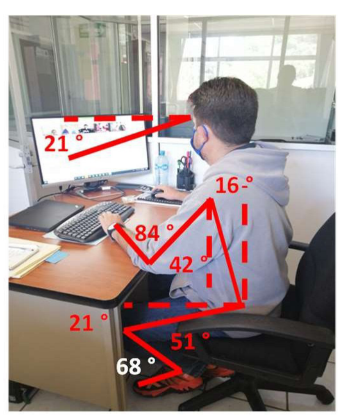


Figura 14a.- Ángulos de comodidad (Fuente: Pheasant, 1998);

Figura 14b.- Ángulos registrados con goniometría del trabajador en su área de trabajo (Fuente: Propia)

En el segmento que corresponde a la articulación de la cadera las referencias de los ángulos de comodidad indican que el muslo debería estar entre 0° y 15° respecto de la horizontal. Al comparar las referencias con los datos obtenidos con la técnica de goniometría, se observa que el muslo está a 21° bajo la horizontal, por lo tanto, fuera del ángulo comodidad. Sólo haciendo mención de los dos ejemplos, se entiende la existencia de sobrecarga postural.

III *Niveles de iluminación.*

Los valores (ítems) del espacio evaluado fueron: a=2.73 m, b=2.47 m, c=2.48m, d=0 m, e=0.74 m, h=1.74 m. El resultado del NPM fue de 9 puntos. Los rectángulos de los puntos de medición quedaron con las dimensiones de 0.82 m de ancho por 0.91 m de largo. Se tomó la medición de iluminación en cada uno de los nueve puntos. Los valores obtenidos fueron: 66, 88, 139, 82, 94, 147, 50, 68 y 97 luxes, como se muestra en la figura 15.

Con respecto a las mediciones obtenidas, el valor más alto fue 147 luxes, el valor más bajo fue 50 luxes y el valor promedio 92 luxes. El Decreto Supremo 594 de la legislación chilena y la NOM- 025-STPS-2008 norma mexicana, estipulan que para el trabajo prolongado con requerimiento moderado sobre la visión es recomendable un mínimo de iluminancia de 300 luxes. El valor de Uniformidad de Iluminación resultó de 0.54.

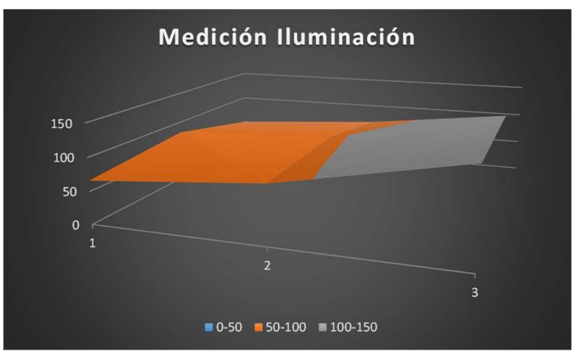


Figura 15.- Valores de la medición de la ilimianción expresada en luxes.

Fuente: Propia Excel

CONCLUSIONES

Un valor de 80% o mayor en la suma de las actividades principales y secundarias es considerado como sobredemanda laboral. Los resultados de los estudios de tiempos del día 1 y el día 3 muestran porcentajes mayores al 80% en la realización de ambas actividades, preocupando el 96.96% obtenido en el estudio del día 3. También es conveniente tomar otras consideraciones para tomar la decisión si la actividad es o no demandante, como lo son los % CC peak (máximos). Los valores de las ppm máximos 119, 126 y 138 da como

resultado % CC mayores 40 %. Se pudiera decir que para el caso de estudio, no es trabajo pesado, pero los estudios realizados superan las 8 horas de actividad laboral y sobresale que en el tercer día de estudio se obtuvo la frecuencia cardiaca mayor con 138 ppm.

Considerar los ángulos de comodidad y calcular la desviación de las características del puesto evaluado dieron como resultado la existencia de sobrecarga postural y el nivel de actuación que entrega el método ROSA sugiere intervenir de manera inmediata.

El criterio de uniformidad de iluminación, como su nombre lo indica, mostró que en el área de trabajo no existe uniformidad en las luminarias utilizadas y además no cuenta con el mínimo requerido de iluminancia. Esto es muy común, debido a que no se realiza planeación para los espacios administrativos y esto se forman conforme se van requiriendo, por consiguiente, es recomendable prever que espacios se considerarán en algún momento como cubículos de trabajo y así otorgar la iluminación idónea para el lugar de trabajo. De las mediciones obtenidas el valor más alto fue de 147 luxes y el promedio fue de 92 luxes, muy por debajo de lo recomendado.

Sin duda el estudio de tiempos, la evaluación de los ángulos de las posturas laborales y la medición de la iluminación, evidencian la disergonomía en muchas de las actividades cotidianas que realiza cada trabajador. Es momento de seguir insistiendo que las intervenciones ergonómicas, sin duda, son el escape para disminuir la epidemiología de las enfermedades laborales.

RECOMENDACIONES

Es importante considerar que las actividades laborales no deben ser mayores a 8 horas diarias, debido a que trabajar largas horas causa cansancio, estrés, frustración y baja productividad.

Se sugiere invitar al trabajador a mejorar sus hábitos de postura, aunado a mejorar los ángulos del equipo de cómputo y los periféricos, además de proponer el uso de una silla que otorgue comodidad postural.

Es importante establecer directrices de las áreas de trabajo en donde los trabajadores permanecen sentados; lo ideal es que sean ajustables. Normalmente, los diseños de generan tomando en cuenta las personas de mayor tamaño (95 percentil) en el entendido que al existir espacio suficiente se pueden hacer modificaciones para acomodar a las personas más pequeñas. El 95 percentil es válido para las superficies de trabajo, para el diseño de los asientos (sillas) dependerá del ajuste para que los trabajadores se adapten a su puesto de trabajo.

Se recomienda que las sillas de trabajo tengan una profundidad máxima de 40 cm, el ancho debe tener por lo menos 46 cm; la regulación de la altura debe tener un rango entre 38 cm y 47 cm; la atura de los apoya brazos conviene tener un ajuste entre 59 cm y 73 cm, aunque es conveniente estudiar cada caso en particular; la altura del respaldo se sugiere

tenga como mínimo 75 cm y máximo 112.5 cm medidos desde el suelo (Chile, 2016).

Los escritorios se recomiendan sean ajustables en su altura entre 60 cm y 73 cm. La profundidad debe ser de 80cm; con esta medida, se asegura la distancia ideal entre la pantalla y el trabajador. El ancho recomendado es de 160 cm y una forma de "L", esto permitirá tener el espacio adecuado tanto para el computador como para escribir.

Con respecto a la uniformidad de iluminación es recomendable analizar la factibilidad de implementar luz artificial para mejorar los niveles de iluminación. Sin embargo, reubicar los muebles y los equipos de trabajo ayudará a que la luz natural se aproveche de mejor manera. Posteriormente, es conveniente realizar una reevaluación para verificar si con las modificaciones se obtuvieron niveles de iluminación y uniformidad adecuados.

REFERENCIAS

594, D. S. (1999). *Aprueba el reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares.* Obtenido de http://www.ist.cl/wp-content/uploads/2016/08/DECRETO-SUPREMO-594-ACTUALIZADO-2019.pdf

Álvarez, F. J. (2009). *Ergonomía y Psicosociología Aplicad. Manual para la formación del Especialista.* Valladolid: Lex Nova.

Apud, E., & Meyer, F. (2009). *Ergonomía para la Industria Minera.* Concepción de Chile: Universidad de Concepción de Chile: Codelco.

Chile, I. d. (Agosto de 2016). *Guía de Ergonomía . Identificación y Control de Factores de riesgo en el Trabajo de Oficina y el uso de Computador*. Obtenido de https://www.ispch.cl/sites/default/files/D031-PR-500-02- 001%20Guia%20ergonomia%20trabajo%20oficina%20uso%20PC.pdf

Diego-Mas, J. A. (2015). *Evaluación de puestos de trabajo de oficinas mediante el método ROSA*. Obtenido de Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia: http://www.ergonautas.upv.es/metodos/rosa/rosa-ayuda.php

Ergonautas. (31 de Octubre de 2020). *Ergonomía en el trabajo y prevencion de riesgos laborales*.

Obtenido de Ruler: http://www.ergonautas.upv.es/herramientas/ruler/ruler.php Ergonomía, N. 2. (s.f.). *Calculo para la iluminación interior.* Obtenido de Método Básico. Maestre, D. G. (2015). *Ergonomía y Psicosociología.* Bogotá, Colombia: FC Editorial.

Management, I. J. (5 de Octubre de 2020). Obtenido de https://support.google.com/sciencejournal/?hl=en

México, G. d. (28 de Octubre de 2020). *Todo sobre el COVID-19.* Obtenido de Información accesible: https://coronavirus.gob.mx/informacion-accesible/

NOM-025-STPS-2008. (s.f.). *Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.* Obtenido de http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/3581/stps/stps.htm

Pheasant, S. B. (1998). *Anthropometry,.* London.

SOCHERGO, D. d. (2020). *Entorno ergonómico en situación de pandemia.*

Trabajo, O. I. (1998). Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Chantal Dufrense, BA.

INDICES DE EFICIENCIA DE FONDEOS DE PESO MUERTO DE LONGLINE PARA EL CULTIVO DE OSTION DEL NORTE EN CHILE

Data de aceite: 01/12/2022

Guillermo Martínez González
Facultad de Ciencias del Mar y Geografía
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso - Chile

José Barrientos Muratuka
Facultad de Ciencias del Mar y Geografía
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso - Chile

RESUMEN: En el cultivo de ostión (*Argopecten purpuratus*) en el norte de Chile -debido a exigencias productivas- se incrementa progresivamente la cantidad de unidades de linternas, sometiendo al longline a sobrecargas o bien exponiéndolo a zonas expuestas, donde las corrientes marinas modifican continuamente sus requerimientos funcionales y deforman su estructura. Para solucionar este problema se propone diseñar fondeos de peso muerto adecuados a tales requerimientos. Con tal propósito, se describen los requerimientos funcionales de un longline y las fuerzas externas que lo afectan. Con modelos a escala de siete diseños de fondeo de peso muerto, se evalúa a través de simulación mecánica el comportamiento de tales diseños, mediante el índice de eficiencia (IE) ante diferentes relaciones de aspecto (RA). Los valores promedio de este índice para diseños "Paralelepípedo", "Mazo", "Hurricane", "Cuña Ordinaria", "Cuña U", "Pirámide Trunca", "Cilindro Araña", son de 0,91; 0,85; 0,59; 0,90; 0,45; 0,59; y 2,23; respectivamente. De la funcionalidad del longline, la fuerza de mayor magnitud que lo afecta son las corrientes marinas. Las fuerzas que permiten mantener su funcionalidad, radican principalmente en el sistema de anclaje, son gravedad (empuje vertical) y fricción (empuje horizontal). De los diseños utilizados, sólo "Cilindro Araña", "Mazo" y "Paralelepípedo" alcanzaron IE superiores al 100%, con valores de 1,07 (RA 1:2,5), 1,15 (RA 1:3,5) y 2,25 (RA 1:1,5), respectivamente. Utilizando como criterios IE, manipulación, construcción y costo de cada diseño, se maximizó mediante una función de mérito α, obteniendo que los diseños "Cilindro Araña", "Cuña Ordinaria" y "Paralelepípedo", son los óptimos.

PALABRAS CLAVE: Fondeo de peso muerto, índice de eficiencia, diseño de fondeo, longline, acuicultura.

ABSTRACT: In the cultivation of scallop (*Argopecten purpuratus*) in northern Chile -due to production requirements- the

number of lantern units is progressively increased, subjecting the longline to overloads or exposing it to exposed areas, where sea currents continuously modify its functional requirements and deform its structure. To solve this problem, it is proposed to design suitable deadweight moorings for such requirements. For this purpose, the functional requirements of a longline and the external forces that affect it are described. With scale models of seven deadweight-mooring designs, the behavior of such designs is evaluated through mechanical simulation, through the efficiency index (IE) at different aspect ratios (RA). The average values of this index for “Parallelepiped”, “Mallet”, “Hurricane”, “Ordinary Wedge”, “U Wedge”, “Truncated Pyramid”, “Spider Cylinder” designs are 0.91; 0.85; 0.59; 0.90; 0.45; 0.59; and 2.23; respectively. Of the functionality of the longline, the force of greater magnitude that affects it are the marine currents. The forces that allow it to maintain its functionality, lie mainly in the anchoring system, are gravity (vertical thrust) and friction (horizontal thrust). Of the designs used, only spider, mallet and parallelepiped cylinders reached EI greater than 100%, with values of 1.07 (RA 1:2.5), 1.15 (RA 1:3.5) and 2.25 (AR 1:1.5), respectively. Using IE criteria, handling, construction and cost of each design, it was maximized by means of a merit function α, obtaining that the spider cylinder, ordinary wedge and parallelepiped designs are the optimal ones.
KEYWORDS: Deadweight mooring, efficiency ratio, mooring design, longline, aquaculture.

INTRODUCCION

El sistema de cultivo longline generalmente se utiliza en Chile para el cultivo de ostión del norte y ostra japonesa. Durante las últimas décadas, esta tecnología de cultivo foránea no ha sufrido modificaciones sustantivas, tanto en su diseño como en su adaptación a nuestra realidad (Martínez y Carroza, 1992). Un problema recurrente en los longline lo constituye el diseño y dimensionamiento del sistema de fondeo, ya que este sistema sustenta su funcionalidad y estabilidad en el trabajo bajo tensión, por la interacción de fondeos en sus extremos. El desplazamiento de los anclajes producto del arrastre del sistema por efecto de las corrientes marinas y del movimiento transciende del mar, es un problema frecuente que deben enfrentar los acuicultores nacionales. Esta alteración del equilibrio del sistema genera serios trastornos de operación; no obstante, es considerada “normal” por los cultivadores, y operaciones de retensado y readecuación de líneas forman la bitácora diaria de los centros de cultivo, con la consecuente ineficiencia del sistema productivo (Martínez y Concha, 1998).

Encontrar una solución ingenieril para resolver este problema es una necesidad urgente para esta importante actividad productiva nacional. Por esta razón, la presente investigación tiene como objetivo estimar los índices de eficiencia de distintos tipos de fondeos de peso muerto para longline de cultivo de ostión del norte.

El principal requerimiento de diseño que plantea el sistema de anclaje, es mantener el longline bajo tensión en forma estable, sin que éste se desplace o pierda configuración. Los principales factores que influyen en el diseño de un sistema de anclaje son el índice

de eficiencia (IE), la dimensión, la maniobrabilidad y el costo. Las anclas designadas con IE son aquellas que en promedio tienen la habilidad de poder cargar una masa, en relación a su propia masa en arena o fango (Tsukrov *et al.*, 2000). Por lo tanto, corresponde a un número adimensional que se rige por la relación entre la tensión máxima y el peso seco del muerto.

La tensión máxima será aquella fuerza máxima de masa, a un ángulo determinado, que puede soportar el fondeo antes de romperse el equilibrio hidrostático del anclaje. Mientras mayor es su valor, más eficaz es el fondeo dentro de su funcionalidad. Este valor de IE depende de tres elementos que determinan su magnitud: masa, forma y agarre. La masa influye directamente sobre IE, pues a mayor masa mayor fricción habrá entre la superficie del fondeo y el sustrato que lo acoge, por lo tanto el fondeo sostendrá una mayor tensión y esto incrementará IE. La forma del fondeo debe favorecer la superficie de contacto, ya que ésta favorece el incremento de IE.

Se entiende por factor de agarre, aquella facultad del fondeo que permite hacer frente al empuje horizontal, mediante fuerza friccional entre la superficie de contacto del fondeo y el sustrato donde se encuentra. Este agarre puede ser aumentado mediante apéndices. Un apéndice corresponde a cualquier estructura del fondeo, del mismo material u otro, que sobresale de la forma particular de éste. Los apéndices más utilizados dentro de los fondeos de peso muerto son las uñas. Dependiendo del tipo de apéndice será en nivel de incremento de IE.

El factor dimensión es una limitante inherente a cualquier sistema de fondeo. Esta juega un papel fundamental en los centros de cultivo, ya que las embarcaciones no pueden transportar estructuras muy grandes. El factor maniobrabilidad determina la facilidad de manipulación del fondeo, es decir, su transporte desde tierra hasta el sitio escogido para su instalación; como también reducir al mínimo la posibilidad de poner en riesgo la vida de las personas que lo manipulen. Y por último tenemos el factor costo, el que debe ser mínimo. Un fondeo de peso muerto debe ser sacrificable, por lo cual no puede significar una gran pérdida para la empresa. En vista de lo antes expuesto, en el presente estudio se propone como objetivo diseñar un sistema de fondeo de peso muerto para longline de cultivo de ostión.

MATERIALES Y METODOS

Panel de pruebas y modelos a escala

Con el propósito de realizar la simulación con modelos a escala de fondeos de peso muerto, se utilizó un panel de pruebas compuesto por un estanque de madera de 2,2 m^3, recubierto por una manga plástica con arena y agua de mar, y un marco de fierro de 1,6 m de alto con un cáncamo al centro (Figura 1). La simulación de la tensión en el cáncamo,

se realizó con una polea mediante el uso de fuerzas gravitacionales. De esta manera, el aumento de la tensión se generó mediante la adición de peso al extremo de la sección del cabo de fondeo del modelo, que pasa por dicha polea. Sobre los modelos a escala de los fondeos se simuló la tensión producto del arrastre hidrodinámico del sistema longline, el agarre y la fricción del fondeo, producto de la interacción del sustrato con el muerto.

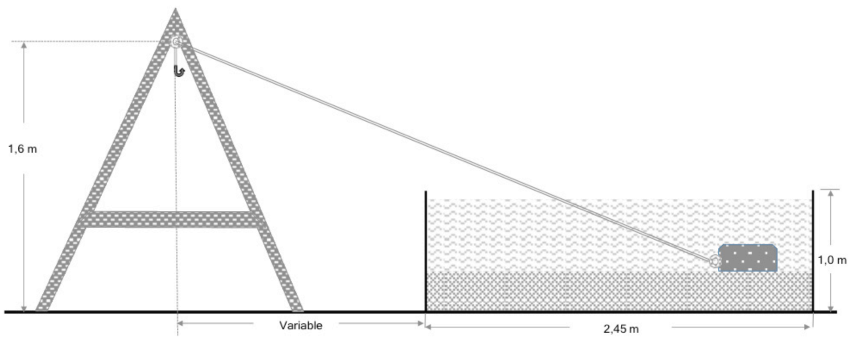


Figura 1: Panel de pruebas.

En las pruebas se evaluó la respuesta de resistencia máxima en condiciones de equilibrio hidrostático del sistema, como también ante el quiebre de este equilibrio, frente a diversas condiciones de tiro (Relación de Aspecto o excursión del fondeo). Sobre la base de estos valores, se determinó el valor de IE para cada diseño de fondeo.

Los supuestos para llevar a cabo la experiencia son que el cabo de fondeo adopta la configuración de línea recta, la elongación del cabo del modelo producto de tensiones es despreciable, la magnitud, dirección y sentido del vector arrastre hidrodinámico se traduce tan solo en la tensión aplicada sobre el cáncamo, no existe pérdida de tensión en el cabo de fondeo del modelo, las interacciones del modelo con el sustrato son producto del roce y el agarre de los fondeos, como también del entierro de la masa de concreto del fondeo, pero sin inducción; y, la fricción entre el cabo y la polea se considera despreciable.

Para la construcción de los modelos se aplicarán relaciones geométricas, las cuales permitirán mantener las medidas de los fondeos proporcional a cada uno de sus lados, independiente de la escala a la cual puedan ser sometidos. Cada medida de los modelos estará en función a la incógnita “x” la cual será escogida de acuerdo a la facilidad de construcción de los modelos. La relación de mezcla para el relleno de los modelos mantendrá la densidad de los fondeos de peso muerto ocupados en los centros de cultivo de moluscos de la zona norte. Obteniendo las relaciones geométricas se procederá definir las escalas geométricas y dinámicas de los fondeos.

Para la escala geométrica de los modelos se asumirá como principio que el factor masa del prototipo para cada diseño de fondeo debe ser de 500kg, pues este peso es de

fácil manejo en el momento de instalar el sistema de anclaje para un longline u otro sistema flotante *in situ*. Teniendo en cuenta este peso y, además, las relaciones geométricas dadas de los modelos, a través del programa SOLVER de Microsoft Excel, se obtendrá el factor dimensión para cada prototipo de fondeo.

La función objetivo quedará definida por:

$$\text{Volumen}_{\text{prototipo}} * \rho_{\text{real modelo}} - 500\text{kg} = 0$$

Sujeta a las restricciones:

$$\sum_{i=1}^{\text{N° de lados}} \text{Li modelo} / \text{Li+1modelo}$$

Donde Li corresponde a uno de los diversos lados del modelo, que son significativos para mantener la proporción geométrica de cada fondeo.

Definición de escalas

Se establecieron dos escalas de similitud, con el fin de que los resultados obtenidos en la experiencia puedan ser aplicados a la estructura real. La escala geométrica (λLr) se obtiene de la proporción entre una dimensión lineal del prototipo y la misma dimensión del modelo:

$$\lambda Lr = L_{\text{prototipo}} / L_{\text{modelo}}$$

La escala dinámica (λFr) se obtiene de la proporción entre las fuerzas que actúan sobre puntos homólogos en la realidad en el prototipo y en el modelo:

$$\lambda Fr = F_{\text{prototipo}} / F_{\text{modelo}}$$

Variables de diseño del experimento

Con el objeto de incrementar la exactitud de las pruebas y desestimar la variabilidad en las mediciones, se cuantificará, mediante un modelo estadístico el número de repeticiones de cada prueba. Se propone utilizar el modelo propuesto por Cochran (1991), para lo cual se asume una distribución normal para los resultados de las pruebas. Se define el número de repeticiones (n) como:

$$n = S_1^2 / V * (1 + 2 / n)$$

Donde:

S_1^2 = corresponde a la varianza de la población, producto de una prueba piloto.

n1 = cantidad de la población evaluada.

V = varianza de la población preasignada (será igual a S_1^2 con un 30% de variación).

Como variable experimental en primer lugar tenemos a la relación de aspecto. Para el experimento se considera que la relación de aspecto o excursión del fondeo es equivalente al ángulo de fondeo. Entonces, se entiende por ángulo de fondeo, aquel ángulo formado por la elevación del cabo en su unión con el fondeo, con respecto a la línea horizontal del piso o sustrato marino. Los ángulos de fondeo utilizados en el experimento serán de 17º, 20º, 24º, 30º y 42º. Dado que se estima que el cabo de fondeo asume una línea recta, el ángulo de fondeo tiene directa dependencia con su relación de aspecto. Entonces para los ángulos de fondeo experimentales, tenemos relaciones de aspecto de 1:3,5; 1:3,0; 1:2,5; 1:2,0 y 1:1,5 respectivamente.

La otra variable experimental es la tensión en el cáncamo que se recibe del cabo de fondeo, producto del esfuerzo a que es sometido por la fuerza de arrastre del fondeo y que se transmite por el cabo hacia el cáncamo. Para simular esta fuerza, se utilizaron bolsas plásticas con arena, con pesos de 2,0; 1,0 y 0,5 kg.

Para determinar el o los tipos de diseño óptimo de fondeo, se requiere maximizar una función de mérito ad-hoc, pues los factores son en la mayoría cualitativos. El método más apropiado a utilizar es una adaptación del método de evaluación de factores no cuantificables, específicamente el método cualitativo por puntos propuesto por Sapag, Sapag & Sapag (2014). Este método consiste en asignarles valores ponderados de peso relativo, de acuerdo a la importancia que lo atribuye, a las distintas variables de la función de mérito.

RESULTADOS Y DISCUSION

Cabe destacar que no existen métodos particulares para dimensionar y seleccionar anclas de peso muerto para palangres de cultivo (Trujillo, León & Martínez, 2020; Martínez & Carroza, 1992). Por esta razón, se utilizan experiencias obtenidas en operaciones con otros sistemas de producción como pontones u otro tipo de estructuras flotantes. Algunos autores han trabajado en esta línea de investigación analizando las metodologías que mejor se adaptan a los requerimientos de sus proyectos. Entre ellos se destaca Berteaux (1991), quien utilizó los conceptos físicos e ingenieriles y los diferentes tipos y elementos utilizados en los sistemas de anclaje, describiendo también las características de sistemas de tipo peso muerto y anclajes de empotramiento.

En el presente estudio se construyeron siete modelos a escala de diseños de fondeo factibles de utilizar en longlines. Los tipos “Paralelepípedo”, “Mazo”, “Hurricane”, “Cuña Ordinaria”, “Cuña U”, “Pirámide Trunca” y “Cilindro Araña”. Las escalas de similitud

geométrica y dinámica utilizadas para su construcción se indican en Tabla I.

Para cada tipo de fondeo se realizaron 4 réplicas para cada una de las relaciones de aspecto del fondeo. En cada réplica, mediante la adición de peso, se evaluó la condición de equilibrio hidrostático del sistema de fondeo y el quiebre del mismo, obteniendo el correspondiente valor de IE. La Tabla II muestra los resultados obtenidos en la experimentación. Cabe señalar que al ser idénticos los resultados para cada réplica, estos no se registraron en la Tabla correspondiente.

Diseño de fondeo	Escala Geométrica	Escala Dinámica
Paralelepípedo	3,82	55,56
Mazo	4,25	76,92
Hurricane	4,37	83,33
Cuña Ordinaria	3,68	50,00
Cuña U	3,57	45,45
Pirámide Trunca	3,15	31,25
Cilindro Araña	6,30	250,00

Tabla I: Escalas de similitud geométrica y dinámica.

Según Berteaux (1991) se deben mantener las proporciones entre tamaño y peso del ancla, ya que de lo contrario se pierden sus propiedades de agarre. Esto se pudo comprobar empíricamente en los resultados de IE para las anclas “Paralelepípedo” y “Mazo”. Dentro del grado de medición del IE, las anclas tipo arpón utilizadas por Shalala (1996) presentan valores de 10, los cuales están muy por encima de los valores de IE medidos en los diseños de fondeo de peso muerto utilizados en la presente investigación. Sin embargo, tales anclas presentan ineficiencias en su manipulación e instalación, particularmente en zonas expuestas, en términos comparativos con los fondeos tipo cilíndrico araña.

Por otro lado, la relación de aspecto del fondeo es muy importante en el longline, porque con un valor más pequeño, la transmisión de tensión se vuelve más directa en donde la componente vertical pasa a ser más relevante, ideal para fondeos de peso muerto. En cambio, para relaciones de aspecto más grandes, la componente horizontal adquiere mayor relevancia, siendo ideal para anclas de tipo empotramiento.

Sin embargo, una relación de aspecto muy baja presenta dificultades de operación y de funcionamiento del longline, especialmente en condiciones de marejadas. Asimismo, relaciones de aspecto muy grandes implica un mayor costo de cabos encareciendo el proyecto (Martínez & Carroza, 1990), como también un mayor requerimiento de área marina, lo que sería una desventaja si esta área es limitada por la regulación o normativa vigente.

Tipo de Fondeo	Peso (Kg)	Relación de Aspecto	Equilibrio Hidrostático Promedio (Kg)	Índice de Eficiencia
Paralelepípedo	9,0	1:1,5	7,6	0,85
		1:2,0	7,3	0,81
		1:2,5	9,6	1,07
		1:3,0	7,6	0,85
		1:3,5	8,6	0,96
Mazo	6,5	1:1,5	4,5	0,69
		1:2,0	4,5	0,69
		1:2,5	5,5	0,85
		1:3,0	5,5	0,85
		1:3,5	7,5	1,15
Hurricane	6,0	1:1,5	3,5	0,58
		1:2,0	3,8	0,63
		1:2,5	3,5	0,58
		1:3,0	3,5	0,58
		1:3,5	3,5	0,58
Cuña Ordinaria	10,0	1:1,5	9,0	0,90
		1:2,0	9,0	0,90
		1:2,5	9,0	0,90
		1:3,0	9,0	0,90
		1:3,5	9,0	0,90
Cuña U	11,0	1:1,5	4,5	0,41
		1:2,0	4,5	0,41
		1:2,5	5,0	0,45
		1:3,0	5,4	0,49
		1:3,5	5,5	0,50
Pirámide Trunca	16,0	1:1,5	9,0	0,56
		1:2,0	10,0	0,63
		1:2,5	9,6	0,60
		1:3,0	8,5	0,53
		1:3,5	9,9	0,62
Cilindro Araña	2,0	1:1,5	4,9	2,44
		1:2,0	5,0	2,50

		1:2,5	4,5	2,25
		1:3,0	3,8	1,88
		1:3,5	4,1	2,06

Tabla II: Índices de eficiencia por relación de aspecto para cada tipo de fondeo

Cabe señalar que en Chile los centros de cultivo que utilizan longline generalmente utilizan una relación de aspecto de 1:3 conforme a lo recomendado por la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA).De acuerdo con el cálculo del índice de eficiencia (IE), que indica la propiedad de retención del peso muerto en el fondo con relación a su peso, los modelos que resultaron ser los más efectivos en el análisis se muestran, en orden de eficiencia, en la Tabla II.

De los diseños de fondeo propuestos, sólo los tipos “Paralelepípedo”, “Mazo” y “Cilindro Araña”, alcanzaron IE superiores al 100%, con valores de 1,07 (para una RA de 1:2,5), 1,15 (RA de 1:3,5) y 2,25 (RA de 1:1,5), respectivamente. Finalmente, utilizando como criterios IE, manipulación, construcción y costo de cada diseño, se determinó que los diseños de fondeo tipo “Cilindro Araña” son los más eficientes para su uso en longline para el cultivo de ostión.

Con relación al fondeo tipo “Paralelepípedo” que es de uso más frecuente en los centros de cultivo en Chile, este presentó un IE de 1,07 ya que pudo soportar una tensión total mayor a la de su peso seco en un 7%. Lo anterior es muy relevante, pues escapa de los rangos a los cuales los fondeos de peso muerto pueden responder, considerando los valores dados por Berteaux (1991).

Según el método de simulación mecánica mediante modelos a escala empleado, la mejor opción de la serie de diseños probados corresponde al fondeo tipo “Cilindro Araña”, ya que registra los mayores valores del IE para todas las relaciones de aspecto experimentadas. Además, los valores del IE obtenidos corresponden a más del doble del valor superior del IE obtenido tanto para los fondeos tradicionales como los nuevos diseños probados en el presente en estudio.

Utilizando como criterios IE, manipulación, construcción y costo de cada diseño, se maximizó mediante una función de mérito α, obteniendo que los diseños “Cilindro Araña”, “Cuña Ordinaria” y “Paralelepípedo”, son los óptimos.

CONCLUSIONES

Sobre la base de los resultados obtenidos, se pueden destacar las siguientes conclusiones:

- La fuerza de mayor magnitud que afecta al sistema longline, son las corrientes marinas, debido a gran cantidad de componentes con los que interactúa.

- Las fuerzas que permiten mantener la funcionalidad y forma del longline radican principalmente en el sistema de anclaje: la gravedad y la fricción con el fondo marino. La primera contrarrestando los empujes verticales, y la segunda las componentes horizontales.
- De los nuevos diseños estudiados, los tipos "Cilindro Araña", "Mazo" y "Paralelepípedo" alcanzaron índices de eficiencia superiores al 100%. Por lo cual, son los más recomendables para incorporarlos como un sistema de anclaje.
- El diseño de fondeo que presentó el mayor índice de eficiencia, fue el "Cilindro Araña", con dos máximos de 2,44 y 2,50 a relaciones de aspecto de 1:1,5 y 1:2,0, respectivamente.
- El segundo índice de eficiencia más alto corresponde al fondeo tipo "Mazo" con un valor de 1,15 a una relación de excursión de 1:3,5.
- El tercer índice de eficiencia más alto, lo arrojó el diseño de fondeo tipo "Paralelepípedo" con un valor de 1,07, a una relación de aspecto de 1:2,5.
- El único fondeo que mantuvo las características propias de un índice de fondeo de peso muerto, fue la cuña en u, con índices de eficiencia que no superaron el 50%. No es recomendable su uso.

REFERENCIAS

Berteaux, H. 1991. Coastal and oceanic buoy engineering. Book published by the author, New York, 285 pp.

Cochran, W. 1991. Sampling Techniques, 3rd Edition. Wiley Series in Probability and Statistics. John Wiley & Sons, New York, 448 pp.

Martínez, G. & L. Carroza. 1992. Configuración del cabo de fondeo de un longline de cultivo a través de simulación análoga. Investigaciones Marinas, Valparaíso, 20: 55-66.

Martínez, G. & M. Concha. 1998. Metodología para el diseño y dimensionamiento de un sistema de fondeo para longline. Estudios y Documentos, Univ. Católica Valparaíso, Chile, 09/98: 98 pp.

Sapag, N., R. Sapag & J. M.Sapag. 2014. Preparación y evaluación de proyectos. Sexta Edición. McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V., México, 354 pp.

Shalala, F. 1996. Hurricane mooring system. An introduction. Strait Mooring International, Inc., Canada, 8 pp.

Trujillo, E., L. León & G. Martínez. 2020. Deadweight anchoring behavior for aquaculture longline. Latin American Journal of Aquatic Research, 48(4): 686- 695. DOI: 10.3856/vol48-issue4-fulltext-2327.

Tsukrov, I., M. Ozbay, D. Fredriksson & M. Swift. 2000. Open ocean aquaculture engineering: numerical modeling. Mar. Tech. Soc. Journal, Washington, 34(1): 29-40.

LAS TIC EN LA PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA SOSTENIBLE DE LA PROVINCIA DE MANABÍ

Data de aceite: 01/12/2022

María Rodríguez Gámez
Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas. Universidad Técnica de Manabí. Avenida Urbina y Che Guevara. Portoviejo, Ecuador

Antonio Vázquez Pérez
Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas. Universidad Técnica de Manabí. Avenida Urbina y Che Guevara. Portoviejo, Ecuador

Victor Alfonso Martínez Falcones
Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas. Universidad Técnica de Manabí. Avenida Urbina y Che Guevara. Portoviejo, Ecuador

Maria Shirlendy Guerrero Alcivar
Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas. Universidad Técnica de Manabí. Avenida Urbina y Che Guevara. Portoviejo, Ecuador

Olinda Elizabeth Caicedo Arevalo
Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas. Universidad Técnica de Manabí. Avenida Urbina y Che Guevara. Portoviejo, Ecuador

María Giuseppina Vanga Arvelo
Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas. Universidad Técnica de Manabí. Avenida Urbina y Che Guevara. Portoviejo, Ecuador

Carlos Gustavo Fredy Villacreses Viteri
Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas. Universidad Técnica de Manabí. Avenida Urbina y Che Guevara. Portoviejo, Ecuador

RESUMEN: La Planificación de la energía se ve potenciada en este siglo por las aplicaciones de las nuevas tecnologías de la información, desde los niveles empresariales y su vinculación con la enseñanza universitaria, este hecho ha ido revolucionando el desarrollo energético a formas más sostenibles de la generación, transmisión, distribución de la energía hasta su llegada al consumidor, donde ya muchos se convierten en productores de energía debido al uso de nuevas alternativas de generación más sostenibles y amigables con el ambiente como son las fuentes renovables de energía (FRE), que hoy se incorporan al sector como un nuevo modo de generación, donde intervienen las redes

inteligentes. El objetivo de trabajo es desarrollar un esquema de negocio para gestionar la energía en la provincia de Manabí, para ello se aplicó como metodología de estudio, la puesta en práctica las técnicas de la informática y las comunicaciones, los sistemas de información geográfica, diferentes software que permitieron crear un modelo de negocio para gerenciar la energía tanto convencional, como renovable desde los conceptos de implementación de la generación distribuida, las redes inteligentes y la inteligencia artificial. Los resultados obtenidos permitieron valorar que mediante el uso de las nuevas tecnologías , vinculados a otras herramientas de trabajo, donde se puede conocer los potenciales energético con que se cuenta en la provincia fundamentalmente el recurso renovable, mostrados a través de un geoportal donde se pueden encontrar todas las bases de datos necesarias para el conocimiento y toma de decisiones en el programa energético, pudiendo llegar a la conclusión que cualquier fuente energética puede ser gestionada en todo el territorio de la provincia, logrando con ello direccionar el desarrollo energético al desarrollo local y la sostenibilidad de la provincia, ofreciendo soluciones a las problemáticas energéticas desde el nivel local con el mejoramiento de la eficiencia energética y el uso de las nuevas tecnologías.
PALABRAS CLAVE: Eficiencia, eficacia, fuentes renovables de energía, microrredes, redes inteligentes, TIC.

INTRODUCCIÓN

No existe forma posible de lograr la sostenibilidad mediante el uso de los combustibles fósiles, a pesar del esfuerzo realizado por incrementar el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía y la gestión energética se sigue caracterizando por el uso de los fósiles, que impactan el territorio y envenenan progresivamente el ambiente. Este proceso implica que la gestión energética asociada a los combustibles fósiles se realice con extremo cuidado y bajo normas estrictas, que permitan el control de la gestión integrada del territorio, donde además de la actividad energética se garantice el manejo de los impactos derivados del servicio eléctrico.

En ese complejo escenario puede resultar de utilidad el uso de las técnicas de la ordenación del territorio, que constituyen la expresión espacial de las políticas económicas, sociales, culturales y ecológicas de la sociedad. Esta técnica administrativa es una política concebida como actuación multidisciplinaria y global, cuyo objetivo es el desarrollo equilibrado de las regiones y la organización física del espacio.

En la actualidad existen herramientas que permiten realizar la administración del espacio, entre ellas se puede enunciar las Técnicas de la Informática y las Comunicaciones (TIC) y los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que tienen como propósito proveer soportes en la toma de decisiones basado en información especializada, para dar solución a problemas complejos. Por ejemplo: se pueden utilizar para la investigación y los estudios relacionados con la gestión de la energía; la reducción de riesgos naturales, tecnológicos; además de la administración, mantenimiento de datos espaciales y producción de cartografía, permitiendo con ello la organización, visualización, consulta, combinación,

análisis y predicción de actividades claves.

El uso de las TIC y los SIG no tiene sentido si no cumple un objetivo de integralidad, pues ayudan de forma general a la administración e incremento de la eficiencia en la gestión de datos para el desarrollo integrado y sostenible de los territorios, en este sentido vinculados a la administración de la energía (Martin et, al. 2021).

Las TIC son un conjunto de servicios, redes, software y dispositivos que tienen como fin la mejorar la comunicación y visualización de información dentro de un entorno y que se integran a un sistema de información interconectado e implementado en diferentes sectores de la sociedad, donde la administración energética sostenible viene a jugar un importante papel.

El modelo de crecimiento de la economía ha estado directamente vinculado al consumo de energía, modelo que en la actualidad no es sostenible, fundamentalmente por depender de recursos convencionales y los impactos que estos provocan al medio, resultando necesario cambiar la matriz energética a nivel global y mejorar la eficiencia en la utilización de los recursos renovables para conducir a la recuperación de la economía y combatir el cambio climático, en este sentido se apuesta por herramientas que se encuentran a nivel de la sociedad como son las TIC (Dafermos, et al., 2015). Estas herramientas pueden desempeñar un papel clave como motor de la eficiencia energética en todos los ámbitos de la economía, promoviendo cambios en el comportamiento de los ciudadanos y empresarios, mejorando la eficiencia en el uso de los recursos naturales y paralelamente, ayudando a la disminución de los impactos provocados por el sector energético.

En este sentido las TIC pueden asumir el reto de la eficiencia energética, proponiendo un modelo donde se involucren los recursos humanos y el conocimiento para implementarlo logrando disminuir los efectos negativos de la contaminación ambiental, reduciendo el cambio climático, además de contribuir a la modernización de la economía, haciéndola más productiva y creando nuevas oportunidades de negocio (Jimeno, 2012).

La Comisión Europea ya calcula el no cumplimiento de los acuerdos adoptados para el 2020, de mejorar la eficiencia energética, pero sientan su bases en conseguir un ahorro de energía para los consumidores utilizando las TIC, porque con el uso de estas herramientas se puede lograr acceso sencillo y gratuito a la información en tiempo real y al consumo de energía logrando introducir contadores inteligentes individuales donde los consumidores pueden gestionar mejor su consumo y que la facturación se base en el consumo real y se reflejen los datos en el contador (Verderas, 2013).

El cambio climático y las exigencias a nivel de toda la sociedad por poner freno al despilfarro de energía, hace que las empresas de la informática traten de transformar una necesidad en una virtud (Solana, 2009), Incorporando herramientas que son de uso global.

En el informe presentado por la CEPAL en el año 2014 (Naser-Concha, 2014), se muestra como las TIC en América Latina no sólo pueden mejorar la productividad y la eficiencia de los procesos de las organizaciones, sino que también es posible que jueguen

un rol más estratégico, contribuyendo al desarrollo sostenible, en los planes y programas públicos fundamentalmente en los procesos de planificación y gestión, contribuyendo al desarrollo sostenible de los países.

En este proceso se incluyen aspectos estratégicos asociados a las tecnologías de información y a la gobernanza como un elemento clave para facilitar la integración de los diversos actores de la sostenibilidad, incluyendo los procesos de planificación donde la energía ocupa un eslabón en el desarrollo sostenible de los pueblos.

Hoy más de 7 millones de ecuatorianos usan las TIC (Bonilla, 2015), en el plan nacional del buen vivir, se trabaja en la implementación del plan de las industrias básicas que es impulsado por Sectores Estratégicos, el país encamina el desarrollo a nuevas industrias basadas en la generación de valor a partir de las materias primas o recursos naturales.

El sector energético actualmente utiliza las TIC convirtiéndolo en un recurso utilizable para mejorar la eficiencia de la producción y la sostenibilidad a través de diferentes medios, tanto físicos (aparatos, dispositivos, sensores, equipos, etc.) como lógicos (software de gestión, de decisión, de automatización, etc.), incorporados a las máquinas o a los métodos de producción, que sirven para generar nuevos productos, servicios o mejora de los ya existentes, realizar una reingeniería de procesos de cara a la mejora de la sostenibilidad, seguridad, eficiencia energética (Váquez, A., et. al, 2018). El país implanta sistemas avanzados de producción adaptándolos a criterios de calidad o normas nacionales o internacionales (protección del medio ambiente, regulación del empleo, fiabilidad, calidad, seguridad, etc.) (MINTEL-TIC, 2014).

Las TIC permiten la incorporación de tecnologías innovadoras a productos y procesos de producción a escala industrial, al logro del aumento de la eficiencia energética de productos a lo largo de su vida útil o del proceso de producción, incremento de la eficiencia del proceso de la calidad de la energía. Todo estos procesos se logran a través de reducción de la generación de residuos, la optimización de consumo de materias primas, materiales y fluidos de procesos, mejora de los niveles de rechazo y reprocesamiento, así como la reducción del impacto ambiental de productos a lo largo de su vida útil.

El objetivo del trabajo es resaltar el papel de las TIC en el desarrollo sostenible de la gestión y administración energética en el Ecuador, fundamentalmente en la provincia de Manabí por ser una de las que presenta una situación menos favorable, en cuanto a la distancia de los centros de consumo con los de generación de electricidad, donde la energía llega mediante la transmisión de largas distancia implicando pérdidas energéticas significativas, pero además una provincia donde abundan los recursos energéticos renovales como es la energía (solar, biomasa, oceánica entre otras) (Velez, et al, 2022).

Las TIC integradas a la ordenación del territorio y a los SIG, puede jugar un rol determinante en el desarrollo sostenible de cualquier región, sirviendo de herramienta para dar solución a los problemas energéticos y ambientales, facilitando la introducción

de nuevas formas de generación como son las FRE a partir de estudios de viabilidad de potencial; además sirviendo de utilidad en la gerencia y monitoreo de los procesos de eficiencia de la energía hasta el nivel de usuarios.

MATERIALES Y MÉTODOS

A partir del análisis de diferentes tecnologías empleadas para agrupar gran cantidad información en una misma base de datos y teniendo presente los modelos diseñados como son los GeoMondrian (Pandolfi, 2013) los SIG y como herramienta para la visualización de la información el geoportal, donde se encuentran incluido varias herramientas informáticas que permite agrupar las base de datos energéticas (forma de generación, transmisión, distribución, las energías renovables que se encuentran dispersas), pudiendo ser visualizadas y consultarse fácilmente para realizar diferentes estudios mediante una plataforma informática, donde se encuentre la base completa energética de la provincia de Manabí y donde están incluidos todos los elementos que intervienen en esa estructura.

Mediante el Sistema de Información Geográfica para el Desarrollo energético Sostenible (SIGDS) (Geoportal, 2022) que fue diseñado a partir de la implementación de diferentes técnicas de informática que permiten la visualización por diferentes capas de la infraestructura energética del territorio para estudios con fines académicos y privados mediante la plataforma propuesta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir del conocimiento de las TIC integradas a la ordenación del territorio y los SIG, se pudo proponer el diseño de una plataforma que brinda información para el desarrollo sostenible de cualquier región, está plataforma sirve para el análisis de los problemas energéticos y ambientales, facilitando la introducción de nuevas formas de generación como son las fuentes renovables de energía (FRE).

En el Ecuador se tiene implementado los sistemas de información geográfica, pero existe ninguna plataforma donde estén vinculada las fuentes renovables de energía, esta se gestiona de manera individual, al igual que los estudios ambientales asociados a estas energías. Un ejemplo ello es el SIGMAN (Ruiz, 2013) herramienta a utilizada por la CNEL donde se introducen las TIC en el sector eléctrico.

El plan nacional por el buen vivir a trazado estrategias donde las TIC juegan un importante papel para lograr el cambio de la matriz energética, el manejo digital de la información se logra con mayor rapidez generalizando los resultados de la planificación, generación, trasmisión y distribución de energía, parámetros que resultan necesarios para lograr la eficiencia energética a nivel nacional, provincial y cantonal en el diagrama de la figura 1, se puede observar las posibilidades que ofrece un Sistema de Información

Geográfica aplicado a las FRE y su integración con diferentes estudios que ayudan a tener claridad en los procesos de gestión y planificación.

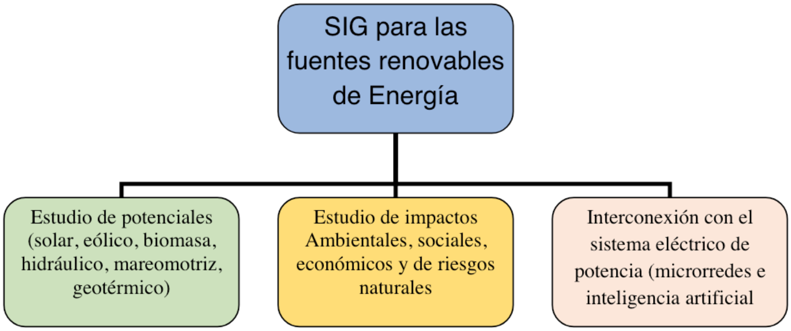


Figura 1. Diagrama de integración con el uso de los SIG.

Fuente: Geoportal Institucional

La incorporación de las variables ambientales y de integración en el proceso de toma de decisiones por las autoridades nacionales, impone como requisito avanzar hacia la descentralización de los procesos de estudio y experimentación, encaminado al desarrollo pleno de los territorios, estableciendo y consolidando la competencia administrativa para propuestas territoriales (provinciales - municipales y cantonales).

Con el uso de estas herramental, se pueden trazar objetivos básicos en las políticas de descentralización logrando que las regiones puedan hacerse cargo del destino de los recursos, bajo criterios de autosuficiencia energética, poniendo en juego los intereses locales; pero sin contradecir los macro-objetivos del desarrollo nacional, la economía y el medio ambiente, combinando producción y ahorro de energía. Estos objetivos solo pueden lograrse mediante la implementación de las nuevas tecnologías de la información.

LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA

La visión de la generación distribuida data prácticamente del surgimiento y aplicación de la energía, como se plantea en proyecto realizado bajo convenio con el Ministerio Coordinador del Conocimiento y Talento Humano, la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación y el Instituto de Altos Estudios Nacionales de Ecuador (Kotsampopoulos et al. 2015).

Con los esquemas de la generación distribuida, las TIC se convierten en sistemas gestores y pueden estudiarse los niveles de demanda que por sus exigencias puede satisfacerse con las FRE a partir de los estudios de potencial, uso del suelo y sus impactos, pudiendo determinar el uso eficiente de los sistemas tradicionales. Con el uso de las TIC se puede conocer la proximidad de la generación con los consumidores, favoreciendo

una nueva conciencia de consumo, ajustada a las posibilidades reales, contribuyendo a la formación de una conciencia de ahorro y eficiencia energética, ajustado al patrón de consumo y la reducción del derroche (Rodríguez, et. al, 2022).

De cara al escenario ecuatoriano se puede señalar, que el cambio de la matriz productiva y las profundas transformaciones que se realizan en las bases mismas de la matriz energética, está requiriendo también de la evolución en el campo conceptual de las regulaciones jurídicas y técnicas en el sistema energético, siguiendo el rumbo por el cual transita actualmente el desarrollo científico-técnico a nivel internacional: hacia una base energética descentralizada, sostenible, sustentada en el aprovechamiento de las fuentes renovables, respetuosa de las condiciones ambientales; hacia la flexibilidad y descentralización normativa, que para nada quiere decir desorden o anarquismo; hacia la integración multidisciplinaria de los procesos; hacia la socialización de la gestión energética, bajo el paradigma de alcanzar responsabilidades y valores compartidos; hacia la eficiencia y el ahorro; así como la adopción del empleo y aprovechamiento integrado de los recursos con una nueva visión y uso de tecnologías de avanzada.

Las TIC comienzan a ser utilizadas en la administración de la energía (Naser, 2014), siendo parte de las mallas eléctricas inteligentes que ayudan a distribuir y usar la energía de manera más eficiente e integrando las fuentes de energía renovables como forma de generación.

En el caso del consumo eléctrico, el informe del profesor Jonathan Koomey de la Universidad de Stanford (Mehdizadeh, 2013), habla sobre el consumo de energía de los grandes centros de procesamiento de datos y que hoy por hoy dan vida a Internet. Este informe muestra como utilizando los centros de datos se puede conocer la electricidad utilizada por años y se pueden hacer análisis de su incrementó.

LAS MICRORREDES

El uso de las microrredes como una nueva forma de la generación distribuida está revolucionando el mercado energético, fundamentalmente en los países desarrollados, estas se diseñan teniendo en cuenta diferentes criterios: el primero es generar próximo a los consumidores evitando pérdidas y elevando la eficiencia del sistema; demanda necesaria; calidad de red; potencial renovable existente; entre otros. Con la introducción de esta forma de generar energía se incrementa la seguridad y soberanía energética, ayudando a reducir el impacto ambiental y social en las actividades del sector eléctrico, aumentando los niveles de gestión y eficiencia de la energía.

Para la implementación de las microrredes resulta conveniente la intervención de las nuevas tecnologías de la información como herramienta para los estudios de la calidad de la red, monitoreo de la demanda, consumo, etc. (W. Manuel Saltos Arauz, 2017).

La integración de las fuentes renovables en la escenario energético nacional y

la aplicación práctica de los conceptos técnicos asociados a la generación distribuida, constituyen un potencial generador de importantes y novedosas relaciones sociales de producción y reproducción de bienes y servicios energéticos, particularmente para el aprovechamiento de la energía solar mediante la introducción de los sistemas fotovoltaicos y el potencial de viento a través de tecnologías eólicas conectadas a la red de baja tensión, aplicaciones que son propiciadoras del surgimiento de nuevas relaciones sociales y la entrada en la escena energética de una nueva figura, el “productor independiente de energía”, trayendo al contexto de la generación de electricidad a un nuevo tipo de relación bidireccional, en cuanto a la producción y consumo y las formas de retribución de la energía aportada a la red y donde las TIC juegan un importante rol.

LAS REDES ELÉCTRICAS DEL FUTURO

Actualmente se maneja el concepto de Green TIC, que nace para impulsar el consumo eficiente de los recursos informáticos, así como el apoyo de las tecnologías al consumo responsable de la energía. Pero el concepto se ha desarrollado al ritmo de la propia tecnología y sus aplicaciones. Estos conceptos de las TIC verdes han evolucionado hacia un amplio abanico de campos: teletrabajo; centros de procesos de datos; automatización de edificios; domótica en los hogares; sistemas inteligentes de transporte; Smart City; y Smart Grid. Todas aportan soluciones eficaces en la apuesta global por un futuro sostenible de la energía (Fontán, 2012).

Las TIC son utilizadas para organizar el negocio energético, desde la planificación energética hasta el consumo por los usuarios. En el caso de la planificación energética se utilizan diferentes tipos de software profesionales que analizan el territorio, muchos de ellos van direccionados a optimizar los procesos y lograr la mejor calidad de la energía, ejemplo de ellos se podrían citar: RetsScreen; System Advisor Model (SAM); Homer; Winn Atomatic System Planning (WASP); Economic and Invironmental Power Planning Software (EEPPS); Long Range energy Alternatives Planning System (LEAP); Model for Energy Supply Startegy Alternative nd their General Environment Impact (Message); Energy and Power Evaluation Programa (ENPEP); y el Super OLADE (R. Schaeffer, 2014).

Existen otras herramientas aplicadas y Sistemas en Web, que permiten hacer estudios vinculados con la ordenación del territorio para la implementación de las fuentes energéticas, los impactos ambientales y los riesgos ambientales, muchas de ellas basados en SIG que permiten la integración dinámica de los proyectos en Ingeniería eléctrica y los avances de las tecnologías de la información dentro del negocio de la energía eléctrica (generación, transmisión, distribución y comercialización, incluyendo las energías alternativas). Estos instrumentos permiten organizar en un solo sistema de gestión: las protecciones, el control, la instrumentación, medida, calidad y administración de energía, etc.

Con ello se logra la implementación de plataformas encaminas a lograr la eficacia y racionalidad de la energía, se pueden vincular a los modelos de negocio de distribución y comercialización parámetros tales como: sostenibilidad, cambios regulatorios, envejecimiento de la infraestructura, cambio climático, interacción con los clientes, confiabilidad de la red, sistemas aislados, generación distribuida, dificultades financieras, FRE, envejecimiento de los expertos, eficiencia de la red y crecimiento de la demanda entre otros (Vázquez, et, al. 2020).

Con el empleo de la automatización se pueden obtener nuevos productos y servicios, incluyendo, por ejemplo: la lectura automática de medidores de electricidad, que pueden evolucionar la red tradicional centralizada a una red que tendrá la capacidad de entender, asimilar, elaborar información y utilizarla adecuadamente.

Este tipo de red es a la que se le nombra red inteligente, que permite enviar electricidad desde los proveedores a los consumidores usando una tecnología digital bidireccional para controlar las necesidades del consumidor, propiciando el ahorro de energía, la disminución de las pérdidas, la reducción de los costes e incrementar la usabilidad y transparencia del sistema con su implementación, pudiendo disminuir las emisiones de CO_2 a la atmósfera y el calentamiento global.

Las redes inteligentes representan un sistema descentralizado, flexible y capaz de gestionar la energía desde los puntos donde se genera hasta los puntos donde se demanda, considerando que un mismo punto puede en un momento generar energía y en otro momento consumir. La infraestructura de la red eléctrica inteligente debe prever requerimientos futuros y aprovechar las tecnologías que surjan. Con la masificación del uso de vehículos eléctricos, la red deberá poder responder al enorme incremento de la demanda. Todas esas metas son importantes en muchos sectores, pero particularmente para las TIC, pues su desarrollo permitirá a las redes de energía eléctrica volverse "más inteligentes" (Díaz, 2012).

Como resultado del estudio se pudo realizar un esquema de negocio que se puede observar en la figura 2 diseñado para ser implementado para la gestión energética en la provincia de Manabí, incorporando tecnología renovable. Como se puede observar se muestran diferentes herramientas informáticas, cada una con s aplicación. Las capas de información son preparadas en los SIG, se encuentran los servidores de bases de datos y otras herramientas que permiten visualizar la información solicitada por los usuarios para tener conocimiento de la información, ofrecer reportes y todo para la toma de decisiones o gestión de la información.

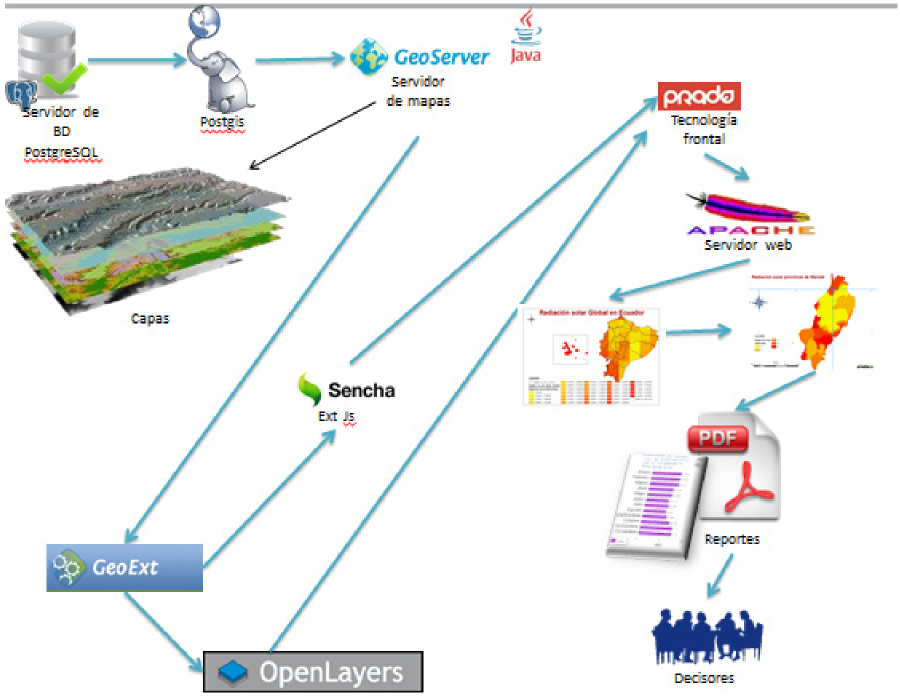


Figura 2. Esquema de negocio

Fuente: (Martínez et al. 2018)

Actualmente se trabaja en la Universidad Técnica de Manabí (UTM) en un proyecto para el desarrollo energético sostenible, donde se proponen diferentes elementos que intervienen en la inteligencia del negocio en el área de energía.

Este esquema parte de un gestor de base de datos adonde están vinculadas diferentes herramientas informáticas y un Sistema de Información Geográfica para el Desarrollo Energético Sostenible (SIGDS), sobre la cartografía del Ecuador y especialmente la de la provincia de Manabí, permitiendo con esa información realizar diferentes estudios e investigaciones relacionadas con las FRE, los usos de suelo, las riesgos naturales y tecnológicos, estudios de factibilidad de extensión de la red, los impactos ambientales, los impactos sociales de la energía y valoración de las áreas con condiciones reales para generar energía a partir de la existencia de potencial renovables (Rodríguez et al, 2021).

CONCLUSIONES

En el trabajo se resalta el papel de las TIC en el desarrollo sostenible de la gestión y administración energética en el Ecuador, fundamentalmente en la provincia de Manabí por ser una de las que presenta una situación menos favorable, en cuanto a la distancia de los centros de generación, donde la energía llega mediante la transmisión de largas

distancia, con ello se pretende proponer un proyecto capaz de disminuir las pérdidas energéticas, propiciando la diversificación sostenible de la matriz energética, mediante el aprovechamiento de los recursos energéticos renovables y la implementación de las nuevas tecnologías para la gestión energética.

REFERENCIAS

Naser, Alejandra G. C. (2014). Rol de las TIC en la gestión pública y en la planificación para un desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe. *Publicación de las Naciones Unidas, CEPAL*, 29.

Bonilla, R. P. (2015). "Sectores estratégicos para el buen vivir." Revista bimensual del Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos No. 10(www.sectoresestrategicos.gob.ec).

Dafermos, G., P. Kotsampopoulos, et al. (2015). "Línea 2: Capacidades productivas orientadas a los comunes. Documento de política pública ID: 2.3, Energía distribuida. https://book.floksociety.org/ec/2-4-energia-conocimientos-libres-y-empoderamiento-social-para-un-cambio-de-matriz-energetica/

Díaz, C. A.; J. C. (2012). Smart Grid: Las TICs y la modernización de las redes de energía eléctrica – Estado del Arte. *Revista S&T, 9(18), 53-81. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=411534385004*

Fontán, E. (2012). Guía de referencia "TICs para la mejora de la competitividad energética". Una visión desde el sector de las telecomunicaciones. EnerTIC. http://www.enertic.org/imgfiles/enerTIC/2012/Guia/GuiaDeReferencia2012.pdf.

González, L. (2013). Almacenes de datos espaciales y SOLAP utilizando software libre. http://ccp.ucr.ac.cr/documentos/ portal/conversatorios/2013/09_25_Pandolfi.pdf.

Geoportal, Intitucional (2022). Sistema de infomación geográfica para le desarrollo sostenible. http://geoportal.utm.edu.ec/

Jimeno, C. L., (2011). Guía sobre el potencial de las TIC para el ahorro y la eficiencia energética." Unidad de energía de la Comunidad de Madrid Deposito legal: M.4.612.2011: https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2011/02/Guia-sobre-el-Potencial-de-las-Tecnologias-de-Informacion-y-Comunicacion-para-el-Ahorro-y-la-Eficiencia-Energetica-fenercom-2011.pdf

Martin, A.; Domínguez, J.; Ferrer, J.; Díaz, G. (2021). Estudio del potencial solar mediante la aplicación del modelo GSOLARROOF en los polígonos industriales de don benito y plasencia (España). http://documenta.ciemat.es/handle/123456789/1396

Martínez, V. et al. (2019). Implementación de un Sistema de Información Geográfica para el Desarrollo Sostenible, en la Universidad Técnica de Manabí (Ecuador). Rev. Espacios. Vol. 40 (Nº 39) Año 2019. Pág. 26. https://www.revistaespacios.com/a19v40n39/a19v40n39p26.pdf

Mehdizadeh, J. Y. (2013). A Critical Analysis of Power Usage Effectiveness and Its Use as Data Center Energy Sustainability Metrics. CIFE (Center for Integrated facility Engineering, https://cife.stanford.edu/sites/ default/files/WP131_0.pdf.

MINTEL-TIC (2014). Tecnologías de la Información y comunicaciones para el desarrollo.http://www.industrias.ec/archivos/CIG/file/CARTELERA/MINTEL-TIC para el Desarrollo.pdf.

Schaeffer, A. S., A. Lucena, R. Soria, E. González, R. Ratmann, M. Chávez (2014). “Los instrumentos de planificación energética.” Rev. OLADE (Consultado 1-2016) www.olade.org.

Rodríguez, M. et al. (2021). Una Geoweb, para el desarrollo sostenible ISBN: 978-9942-948-56-4. Ediciones UTM. https://www.utm.edu.ec/ediciones_utm/component/content/article/24-libros/748-una-geoweb-para-el-desarrollo-sostenible?Itemid=101

Rodríguez, M. et al. (2022). Energy Repowering Using Photovoltaic Microgrids - A Case Study in the Province of Manabí in Ecuador. International Journal on Engineering Applications (IREA) Vol 10, No 3. https://doi.org/10.15866/irea.v10i3.20485

Ruiz, G. C. (2013). Aplicaciones del sistema de información geo referenciado en el ecuador . Revista Científica YACHANA, Vol. 2, No. 2, 2013, pp. 279– 282 ISSN: 1390-7778 .

Saltos, W. M., Rodríguez, M.. (2017). Sistemas de información geográfica y microrredes. (Cujae, Ed.) Ingeniería Energética, 8(1), 24-29. https://redib.org/Record/oai_articulo1170348-sistemas-de-informaci%C3%B3n-geogr%C3%A1fica-y-microrredes

Solana, E. C. (2009). “Optimización energética en el ámbito de las TIC, Nueva cita en la agenda corporativa.” Empresa miembro del Comité de Software de la AEC.

Vázquez, A. et al. (2020). Un modelo para el desarrollo energético sostenible. La universidad, la geografía y los recursos endógenos. Revista Geográfica Venezolana, vol. 61, núm. 1, enero-junio de 2020, págs. 220. http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/46824

Vázquez, A. Rodríguez, M.; Saltos, W.; Rodríguez, C.; Cuenca, L. (2018). Rendimiento energético, económico y ambiental de una Central Fotovoltaica de 3,4 KWp en el modo de la generación distribuida (GD). Rev. Espacios. Vol. 39 (Nº 47) Pág. 34. http://www.revistaespacios.com/a18v39n47/a18v39n47p34.pdf

Vélez A. M. et al, (2022). Evaluación en el uso de microrredes para la mejorar la calidad del suministro eléctrico en la Quebrada de Guillén. Ingeniería Energética. V(43) 8, pag.8.

Verderas, F. (2013). “Guía de referencia “TICs para la mejora de la competitividad energética”.” www.enerTIC.org.

AMANDA FERNANDES PEREIRA DA SILVA - Graduada em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA), é Mestranda em Ciência e Engenharia dos Materiais pelo Programa de Pós-Graduação (PPGCM) da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Atua na área de pesquisa Materiais Magnéticos, Semicondutores e Semicondutores Magnéticos Diluídos com aplicações antibacterianas sob orientação do Professor Doutor Ramón Raudel e Professora Doutora Francisca Araújo. Além disso, seus temas de interesse são: Construção Civil, Patologia das Construções, Materiais da Construção Civil, Perícia Judicial, Concreto, Análise do Comportamento de Solos, Ensino de Engenharia e Educação à Distância.

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

INGENIERÍA:

INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN

Atena Editora
Ano 2022

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

INGENIERÍA:
INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN

Atena Editora
Ano 2022